



**Tielaitos**

# **REA - menetelmä**

Työnsuunnittelu- ja valvontamenettely

**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**11/1992**

Helsinki 1992

**Tiehallitus**

Tielaitoksen selvityksiä  
11/1992

## **REA - menetelmä**

Työnsuunnittelu- ja valvontamenettely

**Tielaitos**

Tiehallitus, tuotannon kehittämispalvelut

Helsinki 1992

ISBN 951-47-5812-9  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200067  
Valtion painatuskeskus  
Pasilan VALTIMO  
Helsinki 1992

Julkaisua myy  
Tiehallitus, painotuotevarasto

**Tielaitos**  
Tiehallitus  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI

Asiasanat kustannustavoite, tuotannon ohjaus, hankkeen ositus, tuotantolohko, työpaketti, tuotannonsuunnittelu, toteutuksen valvonta, REA-menetelmä

## Tiivistelmä

Tielaitoksen hankkeen ohjausta parannetaan jakamalla hanke tuotantolohkoihin ja työpaketteihin. Hankkeen osituksella varmistetaan osakokonaisuuksien valmistuminen tavoitteen mukaisesti. Tuotantolohkot ovat omia kokonaisuuksia työnsuunnittelun näkökulmasta. Tuotantolohkon muodostamiseen vaikuttavat massatalousalueet ja liikenteen järjestelyt. Työpaketit ovat nimikkeistöstä vapaita, ajallisesti ja maantieteellisesti rajattuja työkokonaisuuksia, joille tulee osoittaa vastuuhenkilö. Työpaketti on hankkeen pienin osa, jonka tuotanto suunnitellaan ja valvotaan erillisenä kokonaisuutena.

Hankkeen kustannustavoitteen asettaminen perustuu tuote- ja tuotantorakenteisiin. Kun tiepiiri ja tuotteen valmistava hanke hyväksyvät tulosvaatimuksen sisältämän tuotantolaskelman, tulee siitä hankkeen kustannustavoite. Tuotantolaskelman avulla hanke laskee tuotantolohkojen ja työpakettien kustannustavoitteen. Nämä kustannustavoitteet toimivat hankkeen sisäisinä tavoitteina ja ovat edellytyksenä hankkeen taloudelliselle ohjaukselle. Hankkeen ja sen osien tuotanto suunnitellaan siten, että kustannustavoite saavutetaan.

Työpaketti voidaan teettää urakoitsijalla tai tehdä omajohtoisena työnä. Työpaketteja voidaan myös yhdistää isommiksi urakoiksi. Työpakettien ajoitus- ja määrätiedot toimivat urakkatarjouspyyntöjen runkoina. Jos hanke tekee työpaketeista omia tarjouksia, työpaketit suunnitellaan ja toteutettaessa omajohtoisena työnä valvotaan REA-menetelmää käyttäen.

REA-menetelmällä laaditaan työpaketin ohjausta varten kustannus- ja aikataavoitteita vastaava toteutusmalli selvittämällä resurssien ja materiaalien käyttö ja hinnoittelemalla ne. REA-menetelmän valvonta on reaaliaikaista. Valvonta kohdistetaan tekijöihin, jotka vaikuttavat hankkeen kustannus-, aika-, laatu-, ja laajuustavoitteiden täyttymiseen.

Tutkimuksen yhteydessä tehty testaus osoitti, että REA-menetelmällä on halutut ohjausominaisuudet. Jotta menetelmä antaa luotettavaa tietoa tuotannon edistymisestä ja kustannusten syntyisestä, vaatii se hankkeen sitoutumista tuote- ja tuotantosuunnitelmiin sekä laadittuun massansiirto-suunnitelmaan. Ohjaus kohdistetaan rakennus- ja tuotanto-osien määriin, tuotantoon ja panosten käyttöön. Valvonnassa tulee käyttää tuotesuunnitelman mukaisia rakennusosien teoreettisia määriä.



## **Alkusanat**

Tämän raportin tavoitteena on esittää työpakettien käyttöön liittyvä hankkeen ohjauksen kokonaisjärjestelmä ja esitellä menetelmä oman tuotannon työnsuunnitteluun ja valvontaan.

Tämän raportin on laatinut Lauri Merikallio tiehallituksesta. Raportti perustuu laatijan tekemään diplomityöhön, jonka ohjaaja oli DI Ilpo Virtanen tiehallituksesta ja Apul. Prof. Jouko Kankainen Teknillisestä korkeakoulusta. Raportin ohjaajana toimi DI Sakari Pyörre tiehallituksesta.

## Sisältö

1 JOHDANTO	9
2 KÄSITTEET	10
3 HANKKEEN OHJAUKSEN KOKONAISJÄRJESTELMÄ	11
3.1 Tuotannon ohjaus	11
3.2 Kustannustavoitteen muodostaminen	11
3.3 Tuotannon suunnittelu	14
3.31 Tuotannon suunnittelun tasot	14
3.32 Hankkeen ositus	15
3.33 Työpaketin määrittäminen ja muodostaminen	15
3.34 Työpaketin työsuunnittelu ja valvonta	16
3.4 Toteutuksen valvonta	17
4 REA-MENETELMÄ	18
4.1 REA-menetelmän ominaisuudet	18
4.2 Työsuunnitelma	19
4.21 Erittelyn teko	19
4.22 Materiaalin käytön suunnittelu	19
4.23 Määrämittaus	20
4.24 Resurssien valinta	20
4.25 Työsaavutusten määrittäminen ja keston laskeminen	21
4.26 Aikataulun piirtäminen	22
4.3 Hinnoittelu	22
4.4 Valvonta	24
4.41 Valvonnan sisältö	24
4.42 Työpaketin valvonta	24
5 TULOKSET	30
5.1 Testauksen tavoite	30
5.2 Hankkeen esittely	31
5.3 Tuotannon suunnittelu	31
5.4 Valvonnan suunnittelu	34
5.5 Tuotannon valvonta ja ohjaustoimenpiteet	35
5.51 Tuotannon tarkkailu	35
5.52 Tuotannon loppuselvitys	37
5.6 Havainnot muista testauskohteista.	38
6 YHTEENVETO	42

## 1 JOHDANTO

Tielaitoksen käytössä olevat työnsuunnittelu- ja valvontajärjestelmät on kehitetty 1970-luvulla. Järjestelmiin on kehitetty 1980-luvulla ATK-sovellukset, joiden vaikutuksesta järjestelmiä on korjattu ja osin muutettu. Järjestelmien puutteita ovat kuitenkin niiden hajanaisuus ja voimakas sitoutuminen nimikkeistöihin eli litteroihin. Litteroista ei ole ohjauksellista hyötyä eikä niiden avulla voida jakaa hanketta hankkeen ohjausta palveleviin osakokonaisuuksiin. Nykyiset järjestelmät eivät kiinnitä riittävästi huomiota niihin asioihin, mitä voidaan ja tulee ohjata, eivätkä keinoihin, joilla ohjausta voidaan tehdä. Erityisesti tämä näkyy tielaitoksen omassa tuotannossa. Omalta osaltaan oman tuotannon ongelmia lisäävät vallitsevat asenteet. Työnsuunnittelua pidetään yleisesti tärkeänä asiana, mutta siitä huolimatta nykyistä järjestelmää käytetään lähinnä kustannuksien laskemiseen, ei tuotannon toteutusmallien laatimiseen. Tuotannon ohjaus vaatii työsuunnitelmien laatimisen ja niihin sitoutumisen.

Ohjattavuuden näkökulmasta nykyiset järjestelmät on laadittu suunnitteluteoreettisesti, eivätkä ne ota huomioon tulosjohtamista eivätkä niihin kuuluvaa tavoitteiden asettamista. Tulosjohtamisen periaatteiden mukaisesti tavoitteet sovitaan, minkä jälkeen tavoitteen toteuttaja saa itse valita keinot tuloksen aikaansaamiseksi.

Kun analysoidaan nykyisen työnsuunnittelujärjestelmän mukaista kustannustavoitteen asettamista havaitaan seuraavia ongelmia:

- Kustannustavoite asetetaan työsuunnitelmien perusteella, joten tavoite on tehdyn tuotantosuunnitteluratkaisun mukainen. Nykyinen järjestelmä ei pakota eri tuotantoratkaisujen tutkimiseen.
- Työsuunnitelman perusteella asetetun tavoitteen kireyttä ei tunneta.
- Koko toimialan kustannustavoitteen konkretisoiminen hankkeelle ei onnistu muuten kuin asettamalla kustannustavoite rakennusosien yksikkökustannuksille. Koska rakennusosien määrien suunnitelmanmukaisuutta ei valvota, voidaan rakennusosien yksikkökustannustavoite saavuttaa manipuloimalla toteutuneita määriä.
- Nykyisen järjestelmän aikataulutekniikat mallintavat tuotannon rakennusosittain, joten ne eivät tue tuotannon ohjausta.

Tielaitoksen urakointia koskevat tutkimukset osoittavat tuotannon- ja työnsuunnittelussa olevan seuraavia ongelmia:

- Nykyinen työnsuunnittelujärjestelmä mallintaa tuotannon rakennusosittain eikä toteutettavina tuotantokokonaisuuksina, joten toteuttaminen on epätaloudellista. Vaikka tuotanto

tehtäisiin tuotantokokonaisuuksina, niin raportointijärjestelmä valvoo tuotantoa litteroittain.

- Työkohdesuunnitelmaa käytetään vain kustannusten laskeamiseen ei työn toteuttamismallina.
- Tuote- ja työsuunnitelmia ei noudateta eikä aikatauluja valvota.
- Urakoiden muodostaminen työkohdeluetteloista on hankalaa ja urakoiden väliin jää töitä, joita joudutaan paikkaamaan omana työnä.
- Koska konevuokrausta toteutetaan käyttämällä maksuperusteena yksikköhintaa ja taksaperusteet velvoittavat todellisten määrien mittaamiseen, on suunnitelmien mukaisten ja suunnitelmia kuvaavien määräyksiköiden käyttö vierasta.

Kun analysoidaan tielaitoksen raportointijärjestelmää viime aikoina kehitettyihin ohjaus- ja johtamisteoreettisiin valvontajärjestelmiin, voidaan tehdä seuraavat havainnot:

- Valvonta ei ole reaaliaikaista, joten häiriöihin reagointi on yleensä myöhässä.
- Raportointi seuraa vain kokonaisuutta, eikä osoita ohjauskohteita eikä ohjaustoimenpiteiden vaikutuksia.
- Raportointijärjestelmässä keskitytään rakennusosien yksikkökustannuksiin, mikä voi johtaa epätaloudelliseen tuotannon ohjaukseen ja tuotantoratkaisuihin.
- Toteutumatieta kerätään suoraan tiepiirin tietokoneeseen. Silloin syntyy vaikutelma, että tietoa kerätään tiepiiriä varten ei hankkeen ohjausta varten.

Omalle työlle ei ole olemassa laadunvalvontaohjeita.

Tässä selvityksessä esitetään työpakettien käyttöön perustuva ohjauksen kokonaisjärjestelmä ja tielaitoksen omaan tuotantoon soveltuva työsuunnittelu- ja valvontamenetelmä.

Tässä selvityksessä on käytetty Rakentaminen 90 mukaista terminologiaa.



## 2 KÄSITTEET

TUOTEOSA	Tuoteosia ovat tilat, rakennusosat ja järjestelmät. Rakennusosat erittelevät rakennuskohteen rakenteellisesti ja toiminnallisesti tarkoituksenmukaisiin kokonaisuuksiin.
TUOTELUETTELO	Tuoteluetteloon kerätään kaikki hankkeen tuoteosat tielaitoksen Tienpidon tehtävä- ja suoriteryhmittely kirjan mukaisesti ryhmiteltynä. Luettelossa esitetään tuoteosan yksikkö ja määrä sijainnitain eriteltynä.
TUOTELASKELMA	Tuotelaskelma saadaan hinnoittelemalla tuoteluettelo. Tuotelaskelman avulla selvitetään ja arvioidaan hankkeen suunnitteluratkaisujen mukaiset kustannukset.
TUOTANTO-OSA	Tuotanto-osia ovat tuoteosien tekemiseksi tarvittavat työvaiheet.
TUOTANTOLUETTELO	Tuotantoluettelossa esitetään hankkeen rakennusosien aikaansaamiseksi tarvittavat työvaiheet.
TUOTANTOLASKELMA	Tuotantolaskelma saadaan hinnoittelemalla tuotantoluettelo. Tuotantolaskelmasta saadaan hankkeen kustannustavoite.
PANOS	Panoksia ovat tuotanto-osissa tarvittavat materiaalit ja resurssit.
TULOSBUDJETTI	Tulosbudjetin perusteella suunnitellaan hankkeen rahoitus eri vuosille. Tulosbudjetti syntyy tuotelaskelmasta, joka tehdään standardikustannuslaskennalla käyttäen kohdekohtaisia määrätietoja, standardihintoja ja standardikuljetusjäisyyksiä.
KUSTANNUSTAVOITE	Kustannustavoite (tavoitebudjetti) syntyy, kun hanke ja tiepiiri (tilaaja) hyväksyvät tuotantolaskelman ja hankkeen tulosvaatimuksen.
TUOTANTOLOHKO	Tuotantolohkot ovat omia kokonaisuuksia työnsuunnittelun näkökulmasta. Tuotantolohkot muodostavat kokonaisuuden ajan ja käytettävien materiaalien ja resurssien kannalta. Tuotantolohkon muodostamiseen vaikuttavat massatalousalueet ja liikenteen järjestelyt.

**TYÖPAKETTI**

Työpaketit ovat nimikkeistä vapaita, ajallisesti ja maantieteellisesti rajattuja työkokonaisuuksia. Työpaketti on pienin hankkeen osa, joka suunnitellaan ja valvotaan erillisenä kokonaisuutena.

### **3 HANKKEEN OHJAUKSEN KOKONAISJÄRJESTELMÄ**

#### **3.1 Tuotannon ohjaus**

Tuotannon ohjaus koostuu tuotannon suunnittelusta ja toteutuksen valvonnasta. Tuotannon suunnittelun tarkoitus on suunnitella panosten käyttö asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Valvonta sisältää tavoitteiden saavuttamisen selvittämisen sekä tavoitteiden saavuttamiseksi tehtävät korjaustoimet.

Tuotannon ohjauksen tavoitteena on varmistaa lopputuotteen

- taloudellinen,
- oikea-aikainen ja
- tuotesuunnitelmien mukainen valmistuminen.

Tuotannon ohjaus perustuu

- tavoitteiden asettamiseen,
- tavoitteen mukaisiin tuotantosuunnitelmiin ja
- tuotantosuunnitelmien mukaiseen toteutukseen.

#### **3.2 Kustannustavoitteen muodostaminen**

Tavoitteita asetetaan ajan, kustannusten, laajuuden ja laadun suhteen. Hankkeen kustannustavoitteen muodostumista ohjataan koko hankkeen ajan. (kuva 1) Tiepiiri tilaa suunnittelijalta tuotesuunnitelmat. Suunnittelun ohjauksella tiepiiri vaikuttaa tuotesuunnitelmien taloudellisuuteen ja kustannuksiin. Suunnittelijan kustannusarvio saadaan suunnittelijan tekemästä tuotelaskelmasta. Tuotelaskelma saadaan hinnoittelemalla määrälaskennassa laadittu tuoteluettelo. Tuoteluettelo sisältää kaikki hankkeen tuoteosat eli rakennusosat.

Hankkeen tavoitteen asettaminen perustuu standardikustannuslaskelman mukaiseen tasoon, jossa hintakomponenttina on käypään tasoon testatut standardihinnat ja määräkomponenttina tuotesuunnitelmien valmiutta vastaavat kohdekohtaiset määrät. Tulosvaatimus asetetaan tiepiirin taloudellista tavoitetta vastaavaksi. Tiepiirin tavoitteet konkretisoituvat tässä vaiheessa hankkeelle.

Ennen hankkeen rahoituksen suunnittelua tiepiiri tekee hankkeesta tuotelaskelman ottamalla huomioon hankkeen ajoituksen, massatalouden suunnittelun sekä kustannustason muutokset. Tiepiirin tekemä hankkeen tuotelaskelma pohjautuu suunnittelijan tekemään tuotelaskelmaan. Hankkeen tuotelaskelma tehdään sijainnittain standardikustannuslaskennalla



käyttäen kohdekohtaisia määrätietoja, standardihintoja ja standardikuljetus- tai taitaisyyksia. Nain syntyy hankkeen tulosbudjetti. Tulosbudjetin perusteella suunnitellaan hankkeen rahoitus eri vuosille.

Ennen rakentamisen alkamista tiepiiri tekee hankkeen tuotantoluettelon. Tuotantoluettelo sisaltaa tuoteosien (rakennusosien) tuotantovaiheet eli tyovaiheet ja niiden maarat sijainnittain. Hinnoittelemalla tuotantoluettelo saadaan hankkeen tuotantolaskelma. Jotta tuotantolaskelma vastaisi ajankohdan kustannustasoa, on tuotelaskelmaan tehtava kustannustason korjaus. Sen jalkeen hanke ja tiepiiri sopivat hankkeen tulosvaatimuksen. Hankkeen tulosvaatimuksen tulee olla sidottu koko hankkeen tai hankkeen osan kokonaiskustannuksiin ei rakennusosien yksikkokustannuksiin. Hankkeen osalla tarkoitetaan liikenteen kayttoon otettavia kokonaisuuksia. Osituksen tavoitteena on investoinnin kayttoonotto mahdollisimman nopeasti. Kun hanke ja tiepiiri hyvaksyvät tulosvaatimuksen sisaltaman tuotantolaskelman, tulee siitä hankkeen kustannustavoite. Kustannustavoitteen saavuttamisesta voidaan hankkeelle maksaa tulospalkkiota.

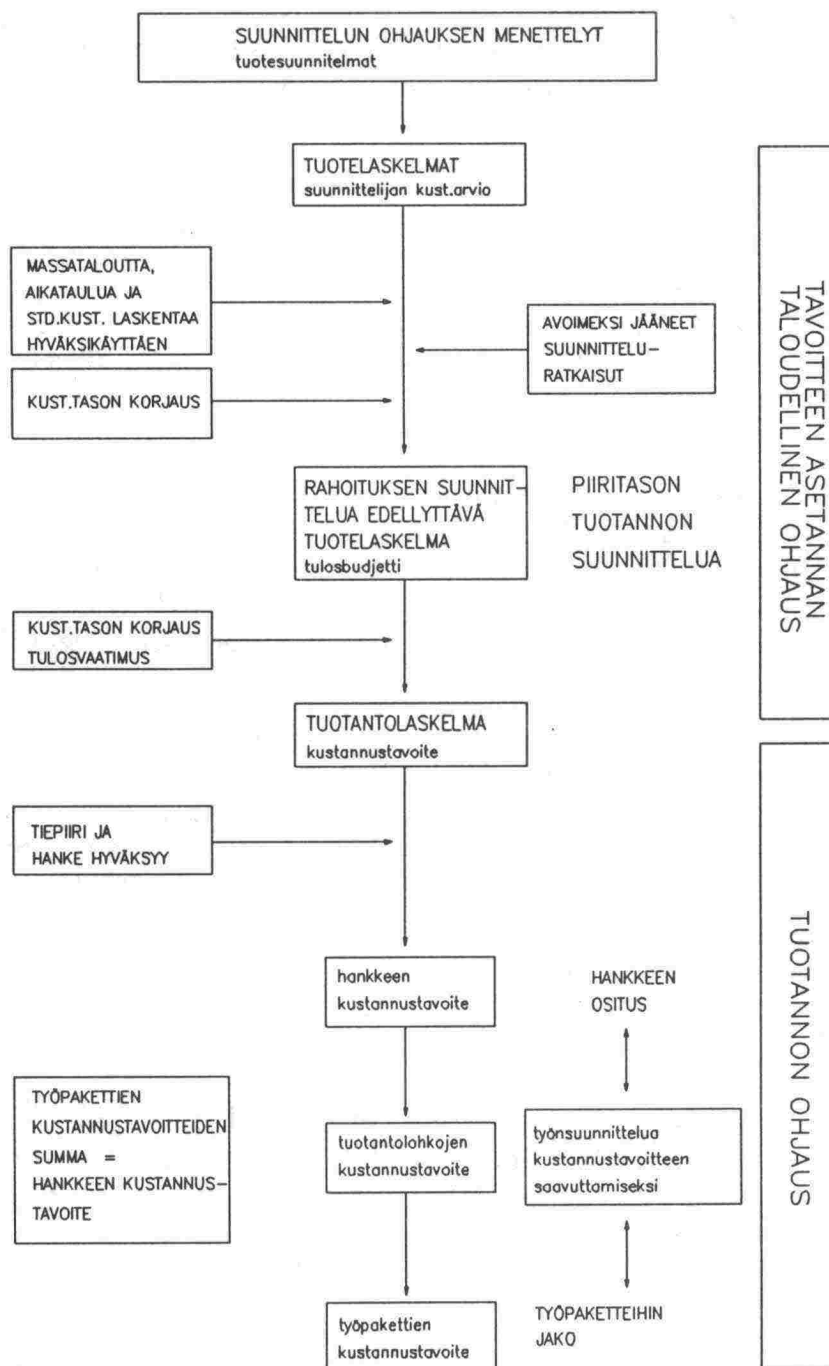
Alustavassa tyonsuunnittelussa hanke tai sen osa on tarvittaessa ositettu tuotantolohkoihin. Tuotantolohkot ovat omia kokonaisuuksia tyonsuunnittelun nakokulmasta. Osituksella hankkeen tavoitteet jaetaan osatavoitteisiin ja varmistetaan kokonaisuuksien valmistuminen tavoitteen mukaisesti. Hankkeen tuotantolaskelman rakennus- ja tuotanto-osien maarat eritellaan tuotantolohkoittain. Nain saadaan tuotantolohkojen kustannustavoitteet. Kustannustavoitteen maaraamisen jalkeen alkaa lopullinen tyonsuunnittelu kustannustavoitteen saavuttamiseksi. Lopullisessa tyonsuunnittelussa tuotantolohkot ositetaan edelleen tyopaketteihin. Tyopaketit ovat nimikkeistosta vapaita, ajallisesti ja maantieteellisesti rajattuja tyokokonaisuuksia. Tuotantolohkojen rakennus- ja tuotanto-osien maarat eritellaan tyopaketteittain, jolloin saadaan tyopakettien kustannustavoitteet. Tyopakettien kustannustavoitteet toimivat hankkeen sisaisinä tavoitteina ja ovat edellytyksina taloudelliselle ohjaukselle. Tyopakettien kustannustavoitteiden summan on oltava yhtasuuri kuin hankkeen kustannustavoite.

Tuote- ja tuotantolaskelmat vaativat hankkeen ajoituksen ja massatalouden suunnittelua. Hankkeen ajoituksella maaratään hankkeelle tavoitekesto ja aloitusajankohta. Hankkeen kesto tulee maarata mahdollisimman lyhyeksi kustannusten alentamiseksi. Hankkeen keston lyhentamiseen vaikuttavat lahinnä sillat ja geotekniset ratkaisut. Lyhyt rakennusaika alentaa

- kayttö- ja yhteiskustannuksia,
- tyonaikaisia korkomenoja,
- liikenteelle kohdistuvia haittoja ja
- liikenteenhoidon kustannuksia.

Massatalouden suunnittelulla etsitaan hankkeen massatalousalueet. Massatalousalueella tarkoitetaan sellaista aluetta, missä kasiteltävien massojen siirto tapahtuu alueen sisällä. Massatalousalueen leikkaus- ja pengeri-, varamaaottopaikkojen ja pohjanvahvistuksiin tarvittavat massat suunnitellaan kaytettaviksi siten, että ne ovat tarkoituksenmukaisesti tasapainossa.





Kuva 1. Tierakennushankkeen kustannustavoitteen muodostaminen.

Hankkeen kustannustavoitetta ei voi muuttaa, ellei hankkeen tuotesuunnitelmia muuteta tai elleivät olosuhteet muutu. Kustannustavoitteeseen tehdään panoshintojen vuosittaiset indeksikorjaukset.

### 3.3 Tuotannon suunnittelu

#### 3.31 Tuotannon suunnittelun tasot

Tuotannon suunnittelua tehdään tiepiirissä ja hankkeella. Tiepiirissä tehdään hankkeen tuotannon suunnittelu ja hankkeella alustava työsuunnittelu ja lopullinen työsuunnittelu. Tiepiirissä tehtävä hankkeen tuotannon suunnittelu alkaa tuotelaskelman yhteydessä. Hanke tulee mukaan hankkeen tuotannon suunnitteluun tuotantolaskelman yhteydessä.

Tiepiirin tuotannon suunnittelussa laaditaan tuote- ja tuotantolaskelmien avulla hankkeen kustannustavoitteet sekä suunnitellaan

- ajoitus,
- rahoitus,
- hankkeen osat ja
- toteutusmuoto.

Alustavassa työsuunnittelussa tehdään hankkeen yleissuunnittelu annettujen reunaehtojen mukaisesti. Alustavassa työsuunnittelussa suunnitellaan

- tuotantolohkot,
- työpaketit,
- tuotantonopeus,
- tuotantojärjestys ja
- yleisaikataulu.

Lopullisessa työsuunnittelussa suunnitellaan työpakettien

- työsisältö,
- toteutusmuoto,
- tuotantojärjestys ja
- valvonta.

Jos työpaketin toteuttamisesta vastaa hankkeen oma työnjohto, valitaan lopullisessa työsuunnittelussa koneet ja suunnitellaan

- tuotannon yksityiskohtainen toteutus kustannustavoitteen saavuttamiseksi ja
- valvonta.

Vaiheiden tulokset esitetään erilaisten luetteloiden, laskelmien ja aikataulujen avulla. Työsuunnittelu on luonteeltaan iteroivaa. Alustavassa työsuunnittelussa määritetään lopullisen työsuunnittelun runko ja etsitään keskeiset tuotantoon vaikuttavat tekijät. Lopullinen työsuunnittelu saa puitteensa alustavasta työsuunnittelusta. Lopullinen työsuunnitelma on kustannustavoitteen saavuttamisen ohjausväline.

### 3.32 Hankkeen ositus

Hanke ositetaan tuotantopaloihin, jotka voidaan suunnitella ja valvoa erillisinä kokonaisuuksina. Tuotantopaloja ovat tuotantolohkot ja työpaketit. Hankkeen osittamisella saavutetaan seuraavia etuja:

- hankkeen ositus antaa hankkeelle hierarkkisen jäsentelyn
- hankkeen ositus jakaa hankkeen aikataulut erillisiksi osiaikatauluiksi
- hankkeen osittaminen auttaa hankkeen organisointia, koska hanke jaetaan vastuukokonaisuuksiin
- hankkeen ositus jakaa hankkeen osatavoitteisiin ja luo mahdollisuudet hankkeen taloudelliselle ohjaukselle määrittelemällä valvottavat kustannuskohteet.

Tuotantolohkot muodostavat kokonaisuuden ajan sekä käytettävien materiaalien ja resurssien (panosten) kannalta. Hanke voi olla koostunut myös vain yhdestä tuotantolohkosta. Tuotantolohkon muodostamiseen vaikuttavat massatalousalueet ja liikenteen järjestelyt.

### 3.33 Työpaketin määrittäminen ja muodostaminen

Työpaketilla tarkoitetaan pienintä hankkeen osaa, joka suunnitellaan ja valvotaan erillisenä kokonaisuutena. Työpaketti on siis pienin valvottava kustannuskohde.

Työpaketti on rajattu työkokonaisuus tai toiminto, jonka tekeminen vaatii aikaa ja resursseja. Työpaketin muodostamisessa käytetään hyväksi tuotantoaika- ja tieaikakaavioita. Työpaketin muodostamisen edellytyksenä on ajantasalla oleva massansiirtosuunnitelma.

Työpakettien muodostus alkaa tuotantolohkon tahdistavien rakennusosien selvittämisellä. Tahdistavilla rakennusosilla tarkoitetaan niitä rakennusosia, jotka määräävät rakentamisen keston. Tahdistaville rakennusosille määrätään tuotantonopeus tuotanto-ohjelman ja olosuhteiden asettamien reunaehtojen avulla ottamalla huomioon tuotantoon vaikuttavat tekijät ja rakennusosien väliset riippuvaisuudet. Tämän jälkeen rakennusosat tahdistetaan tuotanto-aikakaavion avulla siten, että tavoitekesto toteutuu. Tahdistetuille rakennusosille annetaan sijainti siirtämällä ne tieaikakaavioon. Työpaketti muodostetaan siten, että se sisältää yksiselitteisesti ajallisesti ja maantieteellisesti rajatun työkokonaisuuden,

- joka on suunniteltavissa ja valvottavissa,
- jonka kesto pystytään laskemaan ja
- jonka työt ovat yksiselitteisesti kohdistettavissa kyseessä olevalle työpaketille.

Jokaisen vuoden käyttö- ja yhteiskustannukset muodostavat oman työpaketin.

Yleisaikataulussa ajoitetaan työpaketteja, ei yksittäisiä rakennus- tai tuotanto-osia.

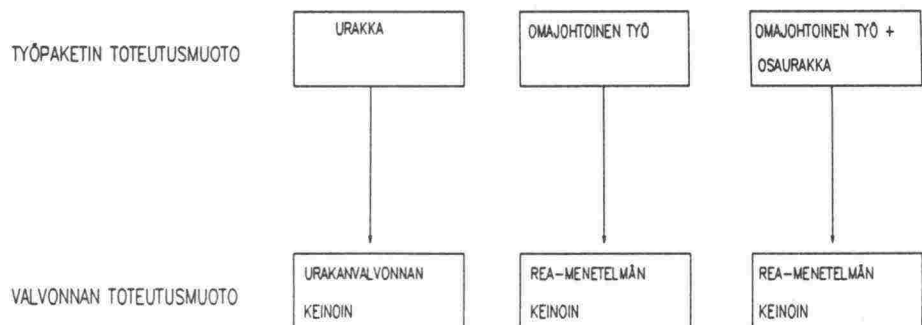
Työpaketit muodostavat pohjan lopulliselle työnsuunnittelulle sekä koko hankkeen, hankkeen osan ja tuotantolohkon ohjaukselle.

### 3.34 Työpaketin työnsuunnittelu ja valvonta

Työpaketin lopullisen työnsuunnittelun tarkkuuteen vaikuttaa sen toteutusmuoto. Työpaketti voidaan teettää urakoitsijalla tai tehdä omajohtoisena työnä. Työpaketteja voidaan myös yhdistää isommiksi urakoiksi. Työpakettien ajoitus- ja määrätiedot toimivat urakkatarjouspyyntöjen runkoina. Urakalla teetettävien työpakettien kustannustavoite saadaan tuotantolaskelmasta.

Jos työpaketteja on yhdistelty isommiksi urakoiksi, käytetään työpaketteja välitavoitteiden muodostamiseksi. Silloin urakkaa valvotaan työpaketeittain. Jos urakassa ei ole välitavoitteita, valvotaan urakkaa kokonaisuutena. Urakkaa valvotaan urakanvalvontaohjeiden mukaisesti.

Jos hanke tekee työpaketista oman tarjouksen, työpaketin tuotanto suunnitellaan ja omajohtoisena työnä toteutettaessa valvotaan REA-menetelmää käyttäen.



Kuva 2. Työpaketin toteutusmuodot ja valvontatavan riippuvaisuus toteutusmuodosta.



### 3.4 Toteutuksen valvonta

Hanke koostuu useasta työpaketesta. Työpaketit voidaan toteuttaa urakalla tai omana työnä. Koko hanketta valvotaan työpakettien valmiusasteiden ja ennusteiden avulla. Jotta koko hankkeen valmiusastetta voidaan tarkastella, on työpakettien valmiusasteet yhteismitallistettava. Yhteismitallistaminen tehdään työpakettien kustannusten suhteessa. (kuva 3)

Hankkeen toteutuneita kustannuksia verrataan tavoitteen mukaisiin kustannuksiin koko hankkeen ajan. Informaatioksi ohjaustoimenpiteitä varten kustannuksista lasketaan toteutuneiden ja suunniteltujen kustannusten suhde hankkeen kustannustavoitteesen tarkkailuajankohtana.

Hankkeen kustannusennuste saadaan laskemalla yhteen toteutuneiden työpakettien kustannukset, keskeneräisten työpakettien kustannusennuste ja vielä aloittamatta olevien työpakettien kustannustavoitteet.

Hankkeen ajallista etenemistä valvotaan aikataulujen avulla.

Hankkeen kustannusennusteen, aikataulujen sekä kustannusten ja työpakettien määrällisten valmiusasteiden avulla työmaanjohto analysoi hankkeen edistymistä ja valitsee tarvittavat ohjaustoimenpiteet tuotannon säilyttämiseksi työsuunnitelmien mukaisena. Tarvittaessa jäljellä olevien työpakettien kustannustavoitteita on kiristettävä ja näiden tuotanto suunniteltava uudelleen, jotta koko hankkeen kustannustavoite saavutetaan.

HANKKEEN MÄÄRÄLLINEN VA %				
VIKKO	TYÖPAKETTI	OSUUS HANKKEEN KOK. KUST. %	SUUN. VA %	TOT. VA %
40	TYÖPAKETTI 1 (URAKKA)	15	10	11
44			19	20
48			27	
:			:	
40	TYÖPAKETTI 2 (OMATYÖ)	25.5	0	0
44			15	17
48			27	
:			:	
40	TYÖPAKETTI 3 (URAKKA)	38.5	0	0
44			0	0
48			0	
:			:	
40	TYÖPAKETTI 4 (URAKKA)	22	0	0
44			0	0
48			0	
:			:	

VIKKO	SUUN. VA %	TOT. VA %
40	1.5	1.7
44	6.7	7.3
48	10.9	
:	:	

ESIM VKO 44

SUUN VA %

$$0.15 \cdot 19 + 0.255 \cdot 15 + 0.385 \cdot 0 + 0.22 \cdot 100 = 6.7 \%$$

TOT. VA %

$$0.15 \cdot 20 + 0.255 \cdot 17 + 0.385 \cdot 0 + 0.22 \cdot 100 = 7.3 \%$$

Kuva 3. Esimerkki työpakettien yhteismitallistamisesta.

## 4 REA-MENETELMÄ

### 4.1 REA-menetelmän ominaisuudet

Omaa tarjousta tai omajohtoista työtä varten työpaketti suunnitellaan kustannus- ja aikatavoitteita vastaavaksi toteutusmalliksi REA-menetelmää apuna käyttäen. REA-menetelmässä selvitetään työn edellyttämä resurssi- ja materiaalityö sekä hinnoitellaan ne. Menetelmän avulla lasketun kustannuksen tulee yhtyä kustannustavoitteeseen. Menetelmälle on tyypillistä:

- resurssien ja materiaalien käytön selvittäminen työpaketin määrätietojen ja olosuhteiden perusteella ja
- työpaketin kokonaisvaltainen tarkastelu ja toteutuksen suunnittelu.

Menetelmä edellyttää suunnitelmilta sellaista valmiutta, että niiden perusteella voidaan määrittää

- työpaketin työsisältö,
- työpaketin rakennus- ja tuotanto-osien määrät ja
- keskeiset kustannuksiin vaikuttavat olosuhteet.

Jos suunnitelmat ovat puutteelliset tai niitä ei ole, käytetään työsisällön ja rakennus- ja tuotanto-osien määrien määrittämiseen standardeja.

REA-menetelmän vaiheet ovat

- työsuunnitelman laatiminen,
- hinnoittelu ja
- valvonta.

Työsuunnitelman laatiminen antaa tavoitteellisen työ- ja materiaali-hankintasuunnitelman sekä panosten käyttösuunnitelman. Hinnoittelun tuloksena saadaan työpaketin työsuunnitelmien mukainen kustannus. Tämän kustannuksen tulee yhtyä työpaketin kustannustavoitteeseen. Valvonta alkaa valvonnan suunnittelulla. Valvonnan suunnittelun tuloksena saadaan toteutuksen valvontasuunnitelma. REA-menetelmän valvonta on reaaliaikaista. Se parantaa olennaisesti hankkeen ohjausta ja johtamista. Kun työ toteutetaan suunnitelman mukaisesti, on menetelmän kustannusnustavuus hyvä.

Työnaikainen ohjaus tehdään valvonnan ja jatkuvan suunnittelun avulla. Ohjaus kohdistuu tuotantoon ja resursseihin - ei kustannuksiin. Kun toteutuneet työsaavutukset ovat suunnitelman mukaiset, rakennus- ja tuotanto-osien määriä syntyy suunnitellut määrät, resurssit ja materiaalit ovat suunnitellun mukaiset ja hankitaan suunnitellulla hinnalla, toteutuvat myös työsuunnitelman mukaiset kustannukset.

Jatkuvan suunnittelun avulla ehkäistään tuotannossa tapahtuvien poikkeamien muodostumista häiriöksi. Häiriö syntyy poikkeaman kasvaessa niin suureksi, että se häiritsee muiden töiden toteutusta. Työpaketissa häiriön syynä voi olla

- liian pieni tai suuri työsaavutus,
- mitoitusvirhe,

- tahdistusvirhe,
- määrävirhe,
- materiaalien toimitushäiriöt tai
- tuotannon laatuvirheet.

Häiriöstä kasvaa kriisi, kun sitä ei pystytä poistamaan ohjaustoimenpitein, vaan tuotantosuunnitelmia on muutettava. Kriisin torjunnassa on pienillä haitoilla pyrittävä pääsemään takaisin alkuperäiseen aikatauluun. Kriisin poistamiseksi on tehtävä tuotantosuunnitelman muutos. REA-menetelmän avulla voidaan etsiä ne vaihtoehdot, joilla kustannustavoite saavutetaan.

## 4.2 Työsuunnitelma

Työpaketin kustannusten selvittäminen aloitetaan lähtien liikkeelle tavoitteellisen työsuunnitelman laadinnasta. Työsuunnitelman avulla määritetään kone- ja työvoiman tarve sekä tehdään materiaaliluettelo. Työsuunnitelman laatimisen vaiheet ovat

- erittelyn teko,
- materiaalin käytön suunnittelu,
- määramittaus,
- resurssien valinta,
- työsaavutusten määrittäminen,
- kestojen laskeminen ja
- aikataulun piirtäminen.

### 4.21 Erittelyn teko

Erittely tehdään siten, että kaikki työpaketin tekemiseksi tarvittavat tuotanto-osat tulevat luetelluiksi. REA-menetelmä ei vaadi tietyn nimikkeistön käyttöä. Työsuunnitteluvaiheessa erittely voidaan suorittaa luettelemalla rakennusosat ja niiden tuotanto-osat. (kuva 4) Rakennusosan sisällä on tehtävä erittely aina kun resursseissa, materiaaleissa tai tuotantonopeudessa tapahtuu muutoksia. Olennaista on, että erittely kertoo mitä töitä työpaketti sisältää, ja että työt määritellään siten, että niille voidaan laskea määrät, nimetä resurssit ja määrittää työsaavutus.

### 4.22 Materiaalin käytön suunnittelu

Materiaalien käyttösuunnitelma tarkentuu hankkeen edetessä. Työpaketin materiaalien käytön suunnittelulla on tarkoitus varmistaa taloudellisin tapaa materiaalien käytölle koko hankkeen kannalta. Ennen erittelyn laadintaa tarkistetaan voimassa oleva materiaalien käyttösuunnitelma ja tehdään siihen mahdolliset muutokset. Lisäksi massansiirtosuunnitelma tarkastetaan. Sen jälkeen todetaan hankittavan materiaalin tarve ja laaditaan materiaaliluettelo. Työsuunnitelman valmistuttua ajoitetaan materiaalien toimitukset työsuunnitelman mukaisiksi.



#### 4.23 Määrämittaus

Jokaiselle erittelyn mukaiselle rakennus- ja tuotanto-osalle mitataan määrät ja valitaan yksikkö. Yksiköt ovat teoreettisia yksiköitä. Jos suunnitelmasta ei saada selville rakennusosalle määriä, käytetään standardimääriä. Yksikön ei tarvitse olla tienpidon tehtävä- ja suoriteryhmittelyn mukainen. Olennaista on, että mittayksikkö on helposti mitattavissa ja sitä vastaava työsaavutus realistisesti määritettävissä. Osaurakoissa käytetään urakkasopimuksen mukaisia yksiköitä.

Jos suunnittelijan määräluettelo on tielaitoksen määrämittausohjeen mukainen, ei erillistä määrämittausa tarvitse tehdä, vaan määrät voidaan laskea suunnittelijan sijainnittain tehdystä määräluettelosta. Muussa tapauksessa määrät tulee mitata piirustuksista.

#### 4.24 Resurssien valinta

Hankkeen kesto perustuu tuotantonopeuden valintaan. Tuotantonopeus valitaan massatalouden suunnitteluratkaisun perusteella. REA-menetelmässä resurssien valinta tehdään

- valitsemalla tuotantonopeutta vastaava resurssi tai
- annetun suunnittelupuitteen mukaisena.

Mitoittava tahdistava resurssi valitaan siten, että sen työsaavutus on riittävän suuri työn suorittamiseksi suunnitellussa ajassa. Annettuna suunnittelupuitteena voi olla hankkeelle varattu resurssi.

RAKENNUSOSAT	ERITTELYN MUKAISET TUOTANTO—OSAT
PINTAMAAN POISTO MAALEIKKAUS, MASSAT PENKEREESSEEN	PINTAMAAN POISTO KUORMAUS (KKH25) KULJETUS LEVITYS  KUORMAUS (KKH25, KKH30) KULJETUS LEVITYS
PÄÄTIERUMMUT	KAIVU ASENNUS 60 TÄYTTÖ  KAIVU ASENNUS 100 TÄYTTÖ
JAKAVAKERROS	KUORMAUS KULJETUS LEVITYS TIMISTYS

Kuva 4. Esimerkki työpaketin erittelystä.

Jos useampi työpaketti tai koko hanke toteutetaan samoilla tahdistavilla resursseilla, tulee resurssien sijoittamisessa eri työpakettien välillä ottaa huomioon

- työpakettien ajalliset reunaehdot ja
- taloudellisuus kokonaisuuden kannalta.

Työketjujen muut resurssit tahdistetaan pääresursseihin sopiviksi siten, että apuresurssin K2-kapasiteetti vastaa pääresurssin K3-kapasiteettia.

#### 4.25 Työsaavutusten määrittäminen ja keston laskeminen

Työsaavutus määritetään työvuoroa kohden käyttäen rakennus- ja tuotanto-osan mukaista yksikköä. Työsaavutus määritetään

- työsaavutustiedostojen perusteella, (standardit, TS-kortit, yleiset tiedostot)
- toteutumatietojen (viitetietojen) perusteella tai
- kokemuseräisesti arvioimalla.

Tasoltaan testattujen tiedostojen kireystaso tunnetaan.

Työsaavutusta määriteltäessä on otettava huomioon tuotanto-osan riippuvaisuus muista töistä. Tästä syystä tulee selvittää ne tuotanto-osat, jotka ovat kussakin tapauksessa tahdistavia ja mitoittaa ne niin, ettei muissa töissä synny turhaa odotusta.

Työsaavutuksena käytetään työvuoroaikaa ja suurhäiriöt (= kaikki yli tunnin mittaiset seisokit) otetaan huomioon erillisenä lisäaikana. Suurhäiriöiden määrää arvioitaessa otetaan huomioon

- säähäiriöpäivät,
- suurhäiriöt (yleensä 1...1,5 tv/kk),
- omien koneiden huoltopäivät tahdistavissa töissä ja
- lomat.

Säähäiriöpäivät aiheutuvat kovasta pakkasesta, tuulesta tai lumisateesta tai kesällä vesisateesta. Miestyön osalta pakkasraja vaihtelee paikkakunnittain, työehtosopimuskohtaisesti ja työnantajittain. Maarakennusalalla ei ole määritelty yleisiä pakkasrajoja. Pakkaspäivärajat määräytyvät

- työssä käytettävästä materiaalista (esim asfaltti, muovit ja betoni.)
- miestyön pakkasrajasta ja
- koneiden käytölle asetetuista pakkasrajoista.

Säähäiriöpäivät merkitään muiden suurhäiriöpäivien yhteyteen, lomien jälkeen tai oletetun pakkaskauden jälkeen.

Suurhäiriöt (työvaiheen lisäaika TL3) ilmenevät odotuksina, uudelleenjärjestelyinä ja -tekemisinä, ylimääräisinä taukoina ja keskeytyksinä. TL3 aikaa aiheuttavat esimerkiksi materiaali- ja konetoimitusten viivästymiset, virheet tuote- tai tuotantosuunnitelmissa, konerikot ja tapaturmat. Suurhäiriöt

sijoitetaan aikatauluun pelivaraksi työpaketin loppuun. Kestoiltaan pitkissä työpaketeissa suurhäiriö jaetaan useampiin osiin.

Jos työpaketin tahdistavissa töissä on omia resursseja, tulee näille varata huoltopäiviä, jollei korvaavaa konetta voida osoittaa.

Jos työmaa suljetaan lomien ajaksi, merkitään lomat aikatauluun. Lomiksi merkitään myös kalenterin mukaiset vapaapäivät.

Suurhäiriöiden käsittely erikseen on tärkeätä työpaketin tavoitteellisuuden säilyttämiseksi.

Kestot lasketaan määrien ja työsaavutuksien avulla (määrä/työsaavutus). Kestot ilmoitetaan kokonaislukuina pyöristettynä ylöspäin.

#### 4.26 Aikataulun piirtäminen

Työpaketista piirretään resurssitarvelaskentaa varten jana- aikataulu, paikka-aika- tai tuotantoaikakaavio. Perinteinen jana-aikataulu säilyttää asemansa informaation lähteenä, mutta sillä ei ole ohjausominaisuuksia.

Jos rakennusosa sisältää useita työvaiheita, on havainnollisuuden parantamiseksi jana-aikatauluun syytä piirtää vain rakennusosan tahdistavat tuotanto-osat. Jos joidenkin töiden ajankohtaa ei voida tarkasti määrittää tai työ on riippuvainen muista töistä, merkitään todennäköinen suoritusajan kohta janana ja mahdollinen suoritusajan kohta katkoviivalla.

Tuotantoaikakaavio laaditaan rakennusosien tai erittelyn mukaisesti. Tuotantoaikakaaviossa on tuotantonopeuden todentamismahdollisuus. Jos työpaketissa on paljon rakennusosia ja työpaketti on määrittäen suuri ja kestoiltaan pitkä, siitä piirretään oma tieaikakaavio. Muussa tapauksessa työpaketista piirretään jana-aikataulu ja tuotantoaikakaavio.

#### 4.3 Hinnoittelu

Työpaketin kustannukset aiheutuvat työpaketin resursseista ja materiaaleista. Hinnoittelua varten selvitetään tuntitaksalla olevien resurssien käyttöajat aikataulujen avulla. Vuokrakoneressit hinnoitellaan sopimusten mukaisesti ja omat resurssit varatun ajan mukaisesti. Varatulla ajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka resurssi on työmaan käytössä mukaanlukien tuotannossa tapahtuvat keskeytykset. Keskeytyksien ajan resurssit pyritään työllistämään muulla tavoin. Miestyö sisältää keskituntiansion lisäksi sosiaalikustannukset ja palkanlisät. Koneiden hinta sisältää myös kuljettajien palkat sosiaalikustannuksineen.

Yksikkötaksalla olevien resurssien kustannukset määräytyvät määrien perusteella. Yksikköhinnoittelutietoina käytetään tiedostoja tai toteutumaan perustuvia tietoja.



Materiaalit hinnoitellaan käyttötarpeen mukaisina. Materiaaliluettelo hinnoitellaan materiaalilaskelmaksi. Hinnoittelutietoina käytetään

- sopimuksia,
- toteutumätietoja ja
- materiaalihinnastoja.

Jos työpaketti sisältää suuria osaurakoita, saadaan urakkahinta poimimalla urakkaan kuuluvat tuotantoluettelot ja hinnoittelemalla tuotanto-osat standardihinnastolla tuotantolaskelmaksi.

ERITTELY	RESURSSI	TYÖMÄÄRÄ YKSIKKÖ	TYÖSAAV.	KESTO	MK/H	MK/YKS	KUST. (MK)
PINTAMAANPOISTO KULJETUS	KKH 25T	10000 m2	2000 m2/tv	5		1.00	10000
	4 KA	4800 ton		(5)		6.70	32200
MAALEIK. PENK. KULJETUS LEVITYS TIIVISTYS	KKH 25T	24000 m3ktr	800 m3ktr/tv	30		3.00	72000
	4 KA	57600 ton		(30)		2.80	161300
	PT 06			(30)	160		36500
	JT 06			(30)	140		32000
RUMPUTYÖ 60 ASENNUS TIIVISTYS TÄYTTÖ	KKH 19P	20 m	10 m/tv	(2)	180		2800
	3 RM			2	50		1200
	3 RM			(2)			
	KKH 19P			(2)			
RUMPUTYÖ 100 ASENNUS TIIVISTYS TÄYTTÖ	KKH 19P	20 m	10 m/tv	(2)	180		2800
	3 RM			2	50		1200
	3 RM			(2)			
	KKH 19P			(2)			
JAKAVA KERROS LEVITYS TIIVISTYS		5000 m3rtr	560 m3rtr/tv	9			
	PT 06			(9)	160		11000
	JT 06			(9)	140		9600
SUURHÄIRIÖ				3			10400
RESURSSIT							383000
MATERIAALIT							194900
YHT							578000

ERITTELY	MÄÄRÄ	YKS	MK/YKS	HINTA	HUOM
JAKAVA SORA	5000	m3rtr	35.90	179500	PAIKALLE TOIMITETTUNA
RUMPU 60	20	m	320.00	6400	
RUMPU 100	20	m	450.00	9000	
				194900	

Kuva 5. REA-menetelmän mukainen työpaketin työsuunnitelma ja työsuunnitelman mukainen kustannus.

## 4.4 Valvonta

### 4.41 Valvonnan sisältö

Tavoitteellisten työsuunnitelmien avulla valvotaan ja ohjataan työpakettia ja koko hanketta. Valvonta kohdistetaan hankkeen kustannus-, aika-, laatu- ja laajuustavoitteiden täyttymiseen. (kuva 6)

Kustannusten hallinnan kannalta REA-menetelmässä valvonta kohdistuu

- työsaavutuksiin,
- rakennus- ja tuotanto-osien määriin,
- resurssi- ja materiaalmääriin ja
- panosten hintoihin.

Ajallista etenemistä hallitaan aikataulujen avulla. Ajallisen etenemisen valvonnassa huolehditaan, että työpaketit ja niiden työt alkavat oikea-aikaisesti ja tuotantonopeudet ovat suunnitellut.

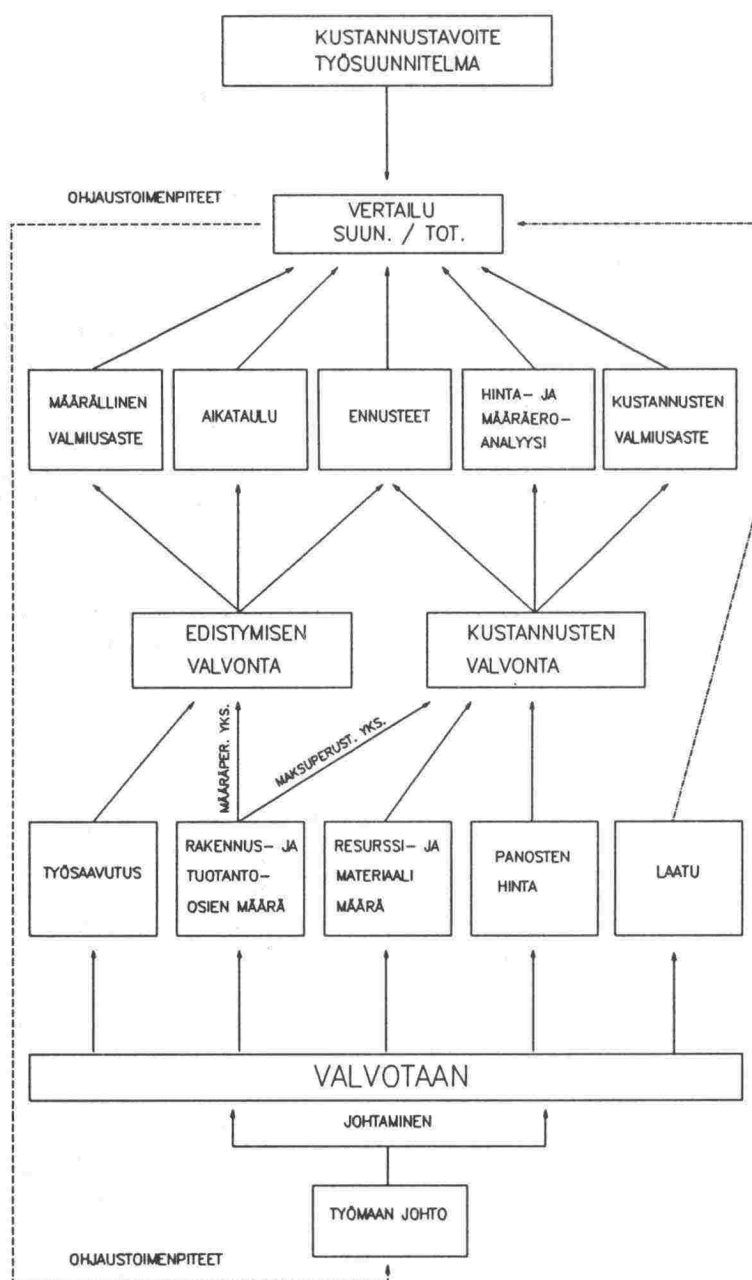
Laatuvaatimusten täytyminen hallitaan laatujärjestelmän mukaisesti. Laadunvalvonnalla varmistetaan, että tehty lopputuote vastaa asetettuja vaatimuksia.

Laajuutta valvomalla huolehditaan, ettei rakennus- ja tuotanto-osien määriä ryöstöjen ja hukkien vuoksi synny suunniteltua enempää.

### 4.42 Työpaketin valvonta

REA-menetelmän mukainen valvonta on reaaliaikaista, jossa tarkkailua tehdään säännöllisesti. Valvonnan suunnittelussa määritetään työpaketin tarkkailuvälit. Tarkkailuvälin pituuteen vaikuttavat työpaketin kesto, rakennus- ja tuotanto-osien määrät, kustannukset, työn luonne ja merkitys kokonaisuuteen. Lyhytkestoisissa työpaketeissa, joissa on suuri tuotantonopeus, on tuotantoa tarkkailtava päivittäin. Näin mahdollisiin poikkeamiin reagoidaan tarpeeksi nopeasti ja tarvittavat ohjaustoimenpiteet kyetään tekemiseen välittömästi.

REA-menetelmän mukainen valvonta perustuu edistymisen ja kustannusten valvontaan sekä niiden ennustamiseen. Valvonnassa käytetään apuna tunnuslukuja, jotka antavat kuvan työmaanjohtolle työpaketin määrällisestä ja taloudellisesta edistymisestä. REA-menetelmässä on käytössä kaksi tunnuslukua, määrällinen valmiusaste ja kustannusten valmiusaste. Edistymistä valvotaan aikatauluilla määrällisen valmiusasteen avulla. Kustannuksia valvotaan hinta- ja määräeroanalyysillä sekä kustannuskertymäkäyrillä kustannusten valmiusasteen avulla. Tarkkailuajankohtana laaditaan työpaketin kustannusennuste ja lasketaan ennuste kestoksi. Kustannusennusteessa käytetään toteutuneita hintoja ja voimassa olevan työsuunnitelman mukaisia rakennus- ja tuotanto-osien määriä sekä työsaavutuksena tarkkailuajankohtaan mennessä toteutuneita työsaavutuksia.



Kuva 6. REA-menetelmän mukainen valvonta.



Reaaliaikainen valvonta edellyttää toteutumatietojen päivittäistä siirtymistä tielinjalta hankkeen valvonnasta vastaavien henkilöiden käyttöön.

Valvonnassa toteutumatietaa kertyy kahdella erilaisella yksiköllä, jotka ovat maksu- ja määräperusteinen yksikkö. Maksuperusteinen yksikkö on työ-, vuokrakone-, urakka- ja materiaalihankintasopimuksen mukainen yksikkö, jolla resursseille maksetaan. Rakennus- ja tuotanto-osien määräperusteisena yksikkönä käytetään helposti mitattavaa yksikköä. Tällaisia yksiköjä ovat tiometri (tiem), juoksumetri (jkm), neliömetri (m<sup>2</sup>) ja kappale (kpl). Kustannusvalvonta saa toteutumatietonsa maksuperusteisten yksiköiden avulla ja edistyminen maksu- ja määräperusteisena yksikkönä.

Tavoitteellisten työsuunnitelmien ja valvonnan suunnittelun avulla tiedetään rakennusosien suunnitellut teoreettiset määrät tarkkailuhetkillä. Sijainnittain eriteltyjen määräluetteloiden ja tuotesuunnitelmien avulla rakennusosan suunniteltu teoreettinen määrä siirretään maastoon määräperusteiseksi yksiköksi. Määrällinen toteutumatieta kirjataan maksuperusteisella yksiköllä. Toteutunut edistymä ja valmiusaste lasketaan määräperusteisen yksikön avulla. (kuva 7) Sen avulla työnjohdolla on mahdollisuus valvoa edistymää päivittäin sekä konkretisoida päivittäinen tavoite tahdistavien koneiden kuljettajille.

Valvonnan suunnittelussa työpaketin määrällinen edistymisen lasketaan erittelyn mukaisille kokonaisuuksille, jolloin työpaketin valvonta perustuu pieniin hallittaviin kokonaisuuksiin. Yksittäisen rakennusosan määrällinen valmiusaste lasketaan seuraavasti:

$$\text{Tarkkailuhetken suunniteltu määrällinen VA \%} = \frac{A}{B} * 100 \%$$

missä      A on suunniteltu rakennusosan edistymä tarkkailuhetkellä  
              B      suunniteltu rakennusosan kokonaisedistymä

Jotta koko työpaketin määrällistä valmiusastetta voidaan tarkastella, on rakennusosien valmiusasteet yhteismitallistettava. Yhteismitallistaminen tehdään rakennusosien kustannusten tai kestojen suhteessa. Jos työpaketti sijaitsee hankkeen kriittisellä polulla, yhteismitallistaminen tehdään rakennusosien keston suhteessa. Kun työpaketin kustannusvalvontaa halutaan korostaa, yhteismitallistaminen tehdään kustannusten suhteessa. (kuva 8)

Kustannusten valmiusaste lasketaan suoraan koko työpaketille seuraavasti.

$$\text{Tarkkailuhetken suunniteltujen kustannusten VA \%} = \frac{C}{D} * 100 \%$$



missä C on suunnitellut kustannukset tarkkailuhetkellä.  
D suunnitellut kokonaiskustannukset (= työpakettin koko  
naiskustannukset)

Kustannusvalvonta perustuu työvuorokustannuksiin. Tavoitteellisesta  
työsuunnitelmasta lasketaan jokaisessa työvuorossa resurssien ja materiaa-  
lien käytöstä syntyvät kustannukset. (kuva 8)

Tuotannon käynnistyttyä lasketaan toteutunut määrällinen valmiusaste ja  
kustannusten valmiusaste tarkkailuhetkellä seuraavasti:

Tarkkailuhetken toteutunut määrällinen VA % =  $\frac{E}{B} \cdot 100 \%$

Tarkkailuhetken toteutunut kustannusten VA % =  $\frac{F}{D}$

missä E on toteutunut rakennusosan edistymä tarkkailuhetkellä  
F toteutuneet kustannukset tarkasteluhetkellä

RAK. OSA	MAANLEIKKAUS, MASSAT PENKEREESSEN JA TÄYTTÖIHIN					
VIKKO	SUUN. MÄÄRÄ	SUUN. EDISTYMÄ	SUUN. VA %	TOT. MÄÄRÄ	TOT. EDISTYMÄ	TOT. VA %
22	3600 M3KTR	80 TIEM	15	3700 M3KTR	69 TIEM	13.0
23	7680 M3KTR	170 TIEM	32	8210 M3KTR	150 TIEM	28.3
24	11760 M3KTR	260 TIEM	49			
:	:	:	:			
27	24000 M3KTR	530 TIEM	100			

Kuva 7. Esimerkki rakennusosan määrällisen valmiusasteen laskennas-  
ta:

						TYÖPAKETIN MÄÄRÄLLINEN VA %		
VIKKO	RAKENNUSOSA	MÄÄRÄ	OSUUS TYÖ- PAKETIN KOK. KUST. %	SUUN. VA %	TOT. VA %	VIKKO	SUUN. VA %	TOT. VA %
22	PINTAMAANPOISTO	10000 M2	7.5	30	35	22	10.4	9.7
23				70	90	23	24.9	24.2
24				100		24	36.4	
22	MAALEIKKAUS MASSAT PENKE- REESEEN JA TÄYT- TÖIHIN	24000 M3KTR	54.4	15	13			
23				32	28			
24				49				
22	JAKAVA KERROS	5000 RTR	35.9	0	0	ESIM VKO 23		
23				0	0	SUUN VA %		
24				0		$0.075 \cdot 70 + 0.544 \cdot 32 + 0.359 \cdot 0 + 0.022 \cdot 100 = 24.9 \%$		
22	PÄÄTIERUMMUT	40 M	2.2	0	0	TOT. VA %		
23				100	100	$0.075 \cdot 90 + 0.544 \cdot 28 + 0.359 \cdot 0 + 0.022 \cdot 100 = 24.2 \%$		
24				100				

Kuva 8. Esimerkki rakennusosien yhteismitallistamisesta.

VIKKO	SUUN. KUST.	KUM. KUST.	VA %	TOT. KUST	KUM. KUST.	TOT. VA %
22	58068	58068	10.4	54 105	54 105	9.7
23	79930	137998	24.8	80 169	134 274	24.1
24	64 131	202 129	36.3			
25	5 1530	253659	45.6			
26	54561	308220	55.4			
:	:	:	:			

Kuva 9. Esimerkki työpaketin kustannusvalvonnasta.

Kustannusvalvonnassa kustannusten valmiusaste toimii jokapäiväisen tarkkailun apuvälineenä. Varsinainen analysointi tehdään hinta- ja määräeroanalyysin avulla. (kuva 10) Hinta- ja määräeroanalyysi kertoo työpaketin suunniteltujen ja toteutuneiden kustannusten eron resurssi- ja materiaalikoh- taisesti tarkkailuhetkellä. Työpaketin ajallisen etenemisen valvonta tapahtuu tuotantoaikakaavioiden avulla. Tuotantoaikakaavio toimii rakennusosien

tavoitekäyrinä, joihin verrataan tarkkailuajankohtien toteutuneita valmiusasteita.

Työmaanjohto analysoi toteutumaa tuotantoaikakaavioiden, kustannuskertymäkäyrien, tunnuslukujen sekä hinta- ja määräeroanalyysin avulla. Ennusteet toimivat hälyttiminä ja kustannustavoite ja työsuunnitelma valvonnan vertailupohjina.

Työpaketin valvonnan avulla havaitaan häiriöt tuotannossa. Häiriö voi ilmetä poikkeamana

- rakennus- ja tuotanto-osien määrissä,
- kustannuksissa,
- ajallisessa etenemisessä,
- laadussa ja
- laajuudessa.

ERITTELY	SUUN. MÄÄRÄ	YKS	SUUN. mk/yks	SUUN. KUST.	TOT. MÄÄRÄ	TOT. mk/yks	HINTA ERO mk	MÄÄRÄ ERO mk	KUST ERO mk
KKH 25T	7000	m2	1.00	7000	9000	1.00	0	+ 2000	+2000
KKH 25T	7680	m3ktr	3.00	23040	8210	2.70	-2300	+1430	-870
4 KA	21800	ton	3.50	76300	23200	3.70	+4360	+5180	+9540
PT 06	80	h	160.00	12800	94	155.00	- 400	+2170	+1770
JT 06	80	h	140.00	11200	101	140.00	0	+2940	+2940
KKH 19P	32	h	180.00	5760	26	180.00	0	- 1080	- 1080
3 RM	96	h	50.00	4800	90	52.50	-240	-320	-560
JAKAVASORA	0	m3rtr	35.90	0	0	0	0	0	0
RUMPU 60	20	m	320.00	6400	20	320.00	0	0	0
RUMPU 100	20	m	450.00	9000	19	450.00	0	-450	-450
				156300			+1820	+11870	+13690

Kuva 10. Esimerkki työpaketin hinta- ja määräeroanalyysistä tarkkailu-  
hetkellä.

Jos toteutuneissa rakennusosien määrissä havaitaan poikkeamaa tuotesuunnitelmaan verrattuna, pitää asiasta ilmoittaa tilaajalle, joka on hankkeen tai projektin kokonaisuudesta taloudellisessa vastuussa. Jos määrien muutos johtuu tuotesuunnitelman tai olosuhteen muutoksesta, hyvitetään tai vähennetään määrien aiheuttama kustannusten muutos

kustannustavoitteesta. Jos määrien kasvu johtuu esimerkiksi ryöstöistä ja hukista, ei kustannustavoitetta hyvitetä.

Kun hanke ja tilaaja ovat yhdessä hyväksyneet tuotesuunnitelmien muutoksesta johtuvan määrien muutoksen, korjataan työsuunnitelmaan uudet mitatut teoreettiset määrät. Sen jälkeen hankkeella tarkastetaan, mitä määrien muutos aiheutti määrällisen valmiusasteen tarkkailuun. Yhteismitalistamisessa on huomattava, että rakennusosien määrien muuttuessa myös rakennusosien kustannussuhteet muuttuvat. Jos rakennusosien määrät kuitenkin muuttuvat esimerkiksi ryöstöjen, väärin massakertoimien, yli- tai alikuormien vuoksi, tulee jäljellä olevat määrät mitata, jotta saadaan ennuste toteutuvista määristä. Näitä määrätietoja käytetään ennustettaessa kustannuksia ja kestoja.

Tuotannon mahdollinen poikkeama tai häiriö havaitaan tuotantoaikakaavioiden ja kustannuskertymäkäyrien avulla sekä vertailemalla ennusteita kustannustavoitteeseen ja työsuunnitelmaan. Lisäksi tarkkailuhetkellä tutkitaan toteutumaa aina hinta- ja määräanalyysin avulla. Poikkeaman tai häiriön korjaamiseksi työmaanjohto valitsee ne ohjaustoimenpiteet, joilla tuotanto palautetaan työsuunnitelmia vastaaviksi.

Tyypillisiä ohjaustoimenpiteitä ovat

- tuotantonopeuden kasvattaminen tai pienentäminen resurssien määrää tai kokoa muuttamalla,
- työnjärjestelyn parantaminen ja
- materiaalien käytön uudelleensuunnittelu.

Jos kustannusten valmiusaste on suurempi kuin määrällinen valmiusaste ja kustannusennuste ylittää kustannustavoitteen sekä hinta- ja määräeroanalyysi osoittavat kustannuspoikkeaman olevan merkittävän, tulee jäljellä oleva tuotanto suunnitella uudelleen, jotta kustannustavoite saavutetaan. Jos työpaketti sijaitsee hankkeen kriittisellä polulla, määrää uudelleen suunnittelun tarvetta keston ennuste.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Testauksen tavoite

REA-menetelmää testattiin kolmella eri hankkeella. Testauksen tavoitteena oli selvittää REA-menetelmällä suunniteltujen työpakettien ohjausominaisuudet. Kustakin hankkeesta muodostettiin työpaketti, jonka työt suunniteltiin resurssipohjaisesti nimikkeistöstä vapaana. Työpaketit valvottiin REA-mene-



telmän mukaisesti. Testauksen avulla selvitettiin, antaako REA-menetelmän reaaliaikainen valvonta hankkeelle oikeata tietoa ohjaustoimenpiteitä varten. Tässä raportissa selvitetään yhden testauksen kulku tarkasti sekä yhteenvetona havainnot muista testauskohteista.

## 5.2 Hankkeen esittely

Testauskohde oli kantatie 88 perusparantaminen välillä Keski-Pohjanmaan-piirin raja-Pulkkila. Hanke sisälsi KT 88:n perusparannusta 21.4 km, kevyenliikenteenväylän rakentamista 930 m, sekä maantie 799 ja paikallistie 18528 järjestelyn. Hanke alkoi 1.9.1989 ja loppui 31.8.1991. Hankkeen alkuperäinen budjetti oli 10.7 milj. mk. Tuotesuunnitelmien muutoksien vuoksi budjetti muuttui lopullisen budjetin ollessa 12.717 milj. mk. Kustannukset jakautuivat eri vuosille seuraavasti:

- v. 1989 0.840 milj. mk
- v. 1990 3.737 milj. mk ja
- v. 1991 8.140 milj. mk (suun. kust.)

Hanke toteutettiin omajohtoisena työnä. Kaikki testattavaan työpakettiin kuuluvat koneresurssit ja materiaalitoimitukset kilpailutettiin.

## 5.3 Tuotannon suunnittelu

Työpaketti muodostettiin kaksi viikkoa ennen siihen kuuluvien töiden aloitusta. Koska hanke oli ollut käynnissä puolitoista vuotta ja tuotanto jo suunniteltu, työpaketti muodostettiin annettujen reunaehtojen mukaisesti. Annettuina reunaehtoina olivat ajoitus, resurssit ja materiaalit.

Hankkeen käynnissä olevista tai lähiaikoina käynnistyvistä töistä muodostui kaksi työpakettia. Testaukseen valittu työpaketti sisälsi useita erilaisia töitä ja materiaaleja, eikä yksikään sen töistä ollut vielä alkanut.

Valitun työpaketin työsisältö oli vanhojen rakennekerrosten poisleikkausta sekä rakennekerrosten siirtämistä luiskaverhouksiin ja yksityisteiden liittymiin. Vanhat rakennekerrokset korvattiin kuonahiekalla, kappalekuonalla ja soramurskeella. KT 88:lla asennettiin kolme päätierumpua. Työpaketin työsisältöön kuului lisäksi hiekan materiaalihankinta luiskaverhoiluun ja yksityisteiden liittymiin.

Työpaketista laadittiin resurssipohjainen toteutusmalli ja materiaalien hankintalaskelma. (kuva 11) Hinnoittelemalla resurssit ja materiaalit saatiin työsuunnitelman mukaiset kustannukset. (kuva 12)

Työpaketti sisälsi runsaasti materiaalihankintoja. Materiaalihankintojen suunniteltujen kustannusten osuus työpaketin kustannustavoitteesta oli 83,9 %. Kuona- ja soramursketoimituksien tarjoukset oli pyydetty keskihinnalla. Siten materiaalien käytöstä aiheutuvat kustannukset ovat riippuvaisia vain määrästä ei kuljetusetäisyydestä. Hiekan toimitusurakan tarjous oli pyydetty perushinnalla ja kilometrinousulla. Koska perusparannettava osuus oli pitkä, oli luiskaverhouksiin ja yksityisteiden liittymiin tarkoitettu hiekka suunniteltu ajettavaksi tielinjan molemmissa päissä sijaitsevista kuormauspaikoista kuljetusetäisyyksien pienentämiseksi.

Työpaketin maaleikkaus oli KT 88:n rakennekerrosten poistamista. Vanhat rakennekerrokset oli suunniteltu uudelleen käytettäväksi siten, että kuljetusetäisyydet minimoidaan eikä mitään viedä läjitettäväksi. Poistettu maa-aines siirrettiin kaivukoneella luiskaverhoiluun tai kuljetettiin yksityisteiden liittymiin jakavaksi tai kantavaksi kerrokseksi. Massansiirtosuunnitelmaa ei ollut.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan poisleikatut rakennekerrokset piti korvata kappalekuonalla ja soramurskeella. Tuotesuunnitelmat kuitenkin muuttuivat, koska hankkeessa haluttiin testata kuonahiekan käyttöä eristeenä kantavassa kerroksessa. Myös alkuperäinen 2780 tiem pituinen leikkaus kasvoi 3540 tiem pituiseksi. Korjattuja tuotesuunnitelmia ei hankkeelle toimitettu.

ERITTELY	MÄÄRÄ	YKS	MK/YKS	HINTA	HUOM
KUONAHIEKKA	18000	TON	52.50	945000	sis. kuor+kulj.+mat.
KAPPALEKUONA	13000	TON	43.00	559000	sis. kuor+kulj.+mat.
HIEKKA KOSKELA	5200	m3itd	18.00	93600	sis. kuor+kulj.
HIEKKA LAUNOLANK.	7200	m3itd	17.00	122400	sis. kuor+kulj.
RUMPU 100	39	m	450.00	17550	sis. suod. kankaan
RUMPU 80	20	m	350.00	7000	sis. suod. kankaan
SORAMURSKE	4045	m3itd	10.70	43282	sis. kuor+kulj.+mat.

YHT 1787831.

Kuva 11. Työpaketin hankintalaskelma.

Työpakettin rakennusosien erittely tehtiin luettelemalla rakennusosat tuotanto-osittain esiintymisjärjestyksessä. Rakennusosan sisällä tehtiin lisäerittelyä seuraavasti:

- jokainen materiaalihankinta eriteltiin erikseen
- hiekan materiaalihankinnassa eriteltiin kuormauspaikat erikseen
- erikokoiset rummut eriteltiin erikseen, koska niillä on eri hinnat.

Koska työpakettia ei toteutettu hankkeella olevien tuotesuunnitelmien mukaisesti, ei muita rakennus- ja tuotanto-osien määriä kuin rumpujen ja kantavan kerroksen soramursketta voitu mitata tuotesuunnitelmista. Muina rakennus- ja tuotanto-osien määrinä käytettiin konevuokra- ja materiaalitarkouspyyntöjen mukaisia likimääräisiä määriä. Materiaalihankintatarjouksissa materiaalit pyydettiin paikalletoimitettuina.

Työsuunnitelmaan resurssiksi valittiin tuotantonopeusvaatimuksen täyttävä resurssi. Lopullinen valinta tehtiin konevuokratarjouksien perusteella. Resurssiksi valittiin tuotantonopeusvaatimuksen täyttävistä resursseista halvin. Vain rumputyön tehnyt kaivukone oli varattu jo aikaisemmin työmaan käyttöön. Miestyö suunniteltiin käyttämällä työmaalla olevia resursseja.

ERITTELY	RESURSSI	TYÖMAARA YKSIKKÖ	TYÖ- SAAVUTUS	KESTO	MK/H	MK/YKS	KUST. (MK)
RUMPUTYÖ 100	KKH19P			(4)	200.00		5730
ASENNUS	3 RM	39 m	10 m/pv	(4)	50.00		4538
TIMSTYS	3 RM			(4)			
TÄYTTO	KKH19P			(4)			
RUMPUTYÖ 80	KKH19P			(2)	200.00		3040
ASENNUS	3 RM	20 m	10 m/pv	(2)	50.00		2400
TIMSTYS	3 RM			(2)			
TÄYTTO	KKH19P			(2)			
MAALEIK. PENK.	KKH21T	13130 m3ktr	940 m3ktr/pv	(14)		3.00	39400
KULJETUS	2 KA	15000 m3itd	1080 m3itd/pv	(14)		4.50	67500
LEVITYS	TRN 1			(14)	110.00		11127
MIESTYÖ	2 RM			(14)	50.00		22928
KUONAHIEKKA		18000 ton	1286 ton/pv	(14)			
LEVITYS	TRN 2			(14)	110.00		23408
TIMSTYS	JT 2			(14)	215.00		45752
MIESTYÖ	1 RM			(14)	50.00		11464
KAPPALEKUONA		13000 ton	929 ton/pv	14			
LEVITYS	TRN 2			(14)			
TIMSTYS	JT 2			(14)			
MIESTYÖ	1 RM			(14)	50.00		11464
HIEKKA KOSKELA		5200 m3itd	624 m3itd/pv	9			
LEVITYS	TRN 1			(9)	110.00		2496
TIMSTYS	JT 1			(9)	215.00		14308
MIESTYÖ	3 RM			(9)	50.00		5959
HIEKKA LAUNOLANK.		7200 m3itd	554 m3itd	13			
LEVITYS	TRN 1			(13)	110.00		3988
TIMSTYS	JT 1			(13)	215.00		20113
MIESTYÖ	3 RM			(13)	50.00		12413
SORAMURSKE		4045 m3itd	289 m3itd/pv	(14)			
LEVITYS	TRN 2			(14)			
TIMSTYS	JT 2			(14)			
MIESTYÖ	1 RM			(14)			
SUURHÄIRIO				1			5992
				RES.	YHT		314020
				MAT.	YHT		1787832
					YHT		2102000

Kuva 12. Työpakettin työsuunnitelma ja kustannustavoite.



Työpaketin suunniteltu kokonaiskesto oli suurhäiriöineen 24 päivää. Työpaketin ajoitusta määräsi roudan sulaminen, tiepiirin öljysorapäälylystysohjelma sekä syksyllä samalla organisaatiolla toteutettava toinen hanke. Tämän takia maaleikkauksen, kuonahiekan ja kappalekuonan suorittamiseen jäi 14 arkipäivää. Koska työsaavutukset yhdellä työvuorolla olisivat olleet kuonahiekan ja kappalekuonan toimituksille liian suuret, tehtiin työt kahdessa vuorossa. Jos maaleikkaus olisi tehty yhdessä työvuorossa, olisi maaleikkaus vaatinut toisen työketjun. Toinen työketju olisi vaikeuttanut työnjärjestelyä ja liikenteenhoitoa.

Työpaketissa varauduttiin yhden työvuoron suurhäiriöihin (työvaiheen lisäaika TL3). Työpaketin suurhäiriö sijoitettiin aikatauluun loppuun.

Hinnoittelua varten tuntitaksalla olevien resurssien käyttöajat selvitettiin. Koneresurssien työaikana käytettiin tielaitoksen käytännön mukaisesti 7.6 tuntia lukuunottamatta perjantaita, jolloin käytettiin 5.85 tuntia. Miestyössä työaikana käytettiin 8 tuntia paitsi perjantaina, jolloin työaika oli 6.25 tuntia.

Työpakettia koskevat konevuokra- ja materiaalitarjouspyynnöt olivat sora- murskeen toimitusurakkaa lukuunottamatta laskettavina, kun työsuunnitelmaa laadittiin. Soramurskeen yksikköhinnan lisäksi vain rumputyössä käytetyn kaivukoneen tuntihinta oli tiedossa. Muut resurssit hinnoiteltiin toteutumätietojen perusteella. Kaikille tuntitaksalla työskenteleville resursseille laskettiin yhden työvuoron kustannukset suurhäiriöiden varalta.

## 5.4 Valvonnan suunnittelu

Työpaketin valvonta suunniteltiin välittömästi työsuunnitelman valmistuttua. Työpaketin suuren tuotantonopeuden ja lyhyen keston vuoksi tuotantoa piti tarkkailla päivittäin. Tuotannon valvontaa varten laadittiin taulukkolaskentaohjelman avulla taulukkopohjat tunnuslukujen laskemista, tuotantoaikakaavion ja kustannuskertymäkäyrän piirtämistä varten. Kustannusvalvontaa varten jokainen resurssi ja materiaali eriteltiin. Niille kohdistettiin päivittäinen työsaavutus, menekki tai työtunnit työsuunnitelmasta ja annettiin suunniteltu yksikkö- tai tuntihinta. Perjantait ja töiden aloitus ja lopetustyöt otettiin huomioon pienempänä työsaavutuksena tavoitteellisuuden säilyttämiseksi. Päivittäinen suunniteltu kustannus saatiin laskemalla yhteen resurssien ja materiaalien käytöstä johtuvat päivittäiset kustannukset. Päivittäisten kustannusten summa yhti työpaketin kustannustavoitteeseen. Lopuksi laskettiin kumulatiivinen suunniteltu kustannusten valmiusaste vertailuja varten.

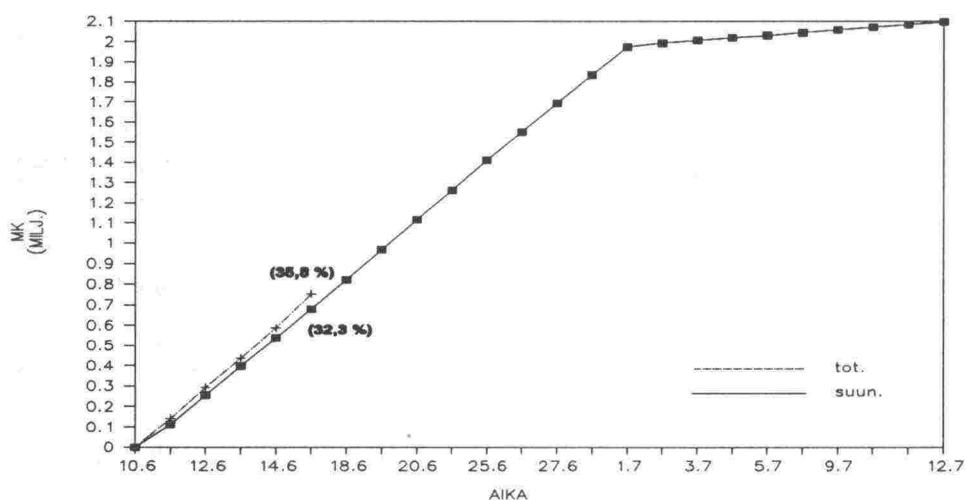
Työsaavutuksien ja rakennusosien määrän valvontaa varten yhdistettiin erittelyssä eriytetyt rakennusosat. Kaikille rakennusosille kohdistettiin samat päivittäiset työsaavutukset ja menekit kuin kustannusvalvonassakin. Testauksessa jokaiselle rakennusosalle laskettiin suunniteltu ja toteutunut valmiusaste maksuperusteisen yksikön avulla. Koska hiekkaa ajettiin koko työpaketin keston ajan, eikä se ollut kriittisellä polulla, yhteismitallistettiin työpaketin määrällinen valmiusaste rakennusosien kustannusten suhteessa.

## 5.5 Tuotannon valvonta ja ohjaustoimenpiteet

### 5.51 Tuotannon tarkkailu

Esimerkkikohteen tuotannon valvoi hankkeen oma organisaatio. Toteutuman päivittämistä vaikeuttivat hankkeen toimistohenkilökunnan lomat.

Maanleikkaus, kuona- ja hiekkatoimitukset alkoivat aikataulun mukaisesti. Ensimmäiseksi ongelmaksi valvonnan kannalta osoittautui toteutumatiетоjen hidas saapuminen työmaatoimistolle kirjattaviksi. Kuonatoimituksen toteutumatiетоja saapui vielä yksittäin kolmenkin päivän kuluttua. Maaleikkauksen osalta ensimmäisen viikon toteutumatiेतodot saapuivat kerralla. Sama toistui koko työpaketin ajan. Miestyön toteutumatiेतodot saapuivat yleensä seuraavana työpäivänä.

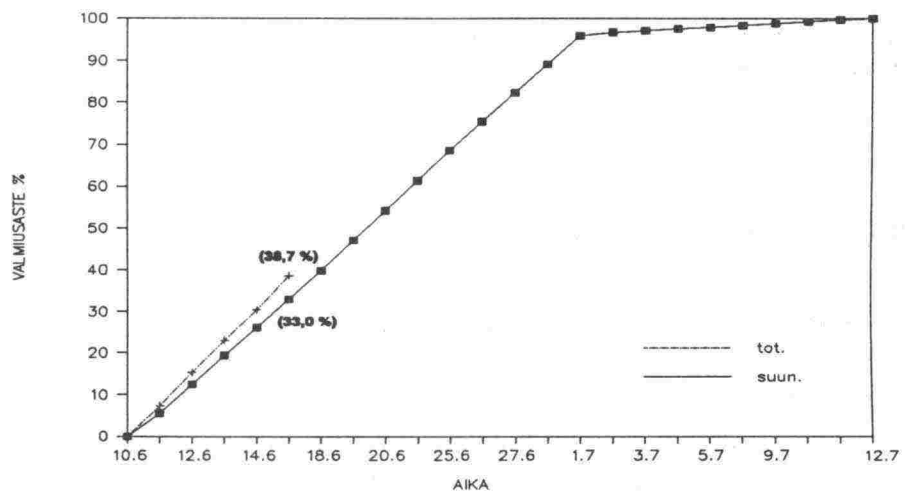


Kuva 13. Työpaketin kustannuskertymäkäyrä tarkkailuhetkellä 17.6. Suunniteltu ja toteutunut valmiusaste suluissa.

Työpakettien valvonnan antamia tunnuslukuja ja valvontakäyriä tarkkailtiin ensimmäisen kerran 17.6. heti, kun kaikki toteutum tiedot ensimmäisen viikon osalta olivat saapuneet.

Työpaketista laskettiin kustannusennuste ja ennuste kestoksi. Uusi kesto laskettiin toteutuneen työsaavutuksen ja työsuunnitelman mukaisten määrien perusteella. Määrien pysyessä työsuunnitelmien mukaisina maaleikkauksen ja kuonatoimituksien kestot lyhenisivät kahdella työvuorolla.

Työpaketista tarkkailuhetkellä laskettu hinta- ja määräeroanalyysi osoittaa, että kustannuksia on toteutunut 72603 mk enemmän kuin suunnitelman mukaan olisi tarkkailuajankohtana pitänyt. (kuva 16)

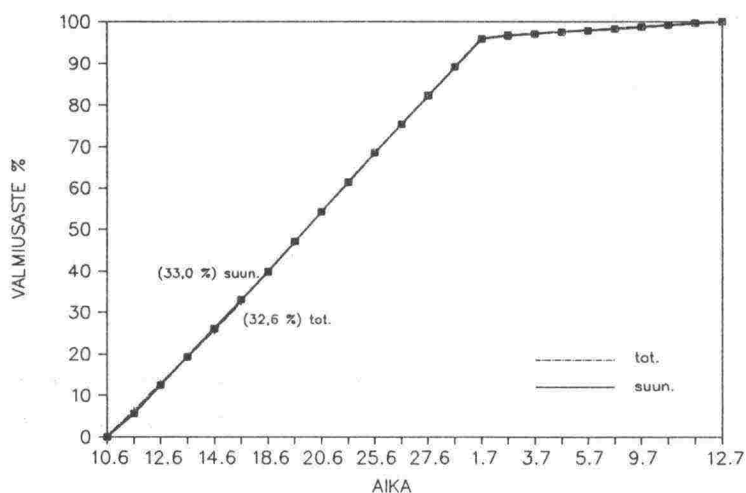


Kuva 14. Työpaketin toteutuneen ja suunnitellun mukainen määrällinen valmiusaste tarkkailuhetkellä 17.6. Määrällinen valmiusaste on laskettu maksuperusteisten yksiköiden avulla.

Kun tarkkailuhetken määrällinen valmiusaste laskettiin työpaketin päätyttyä lopullisten maksuperusteisten määräyksiköiden avulla, huomataan, että kun suunniteltu määrällinen valmiusaste tarkasteluhetkellä oli 33,0 %, niin toteutunut oli 32,6 % (kuva 15). Tarkkailuhetkellä tuotanto ei todellisuudessa ollut aikataulusta edellä. (vrt kuva 14)

Tuotantoa ei enää tarkkailtu 17.6 jälkeen kehitetyn menetelmän avulla. Seuraavan kerran toteutumaa tarkkailtiin neljä viikkoa viimeisen työn päätyttyä.





Kuva 15. Jälkeenpäin laskettu työpaketin määrällinen valmiusaste tarkkailuhetkellä. Suunniteltuina määrinä on käytetty lopullisia toteutuneita määriä.

## 5.52 Tuotannon loppuselvitys

Työpaketin toteutuneet kustannukset olivat 2 291 000 mk. Kustannustavoite oli 2 102 000 mk ja 17.6. tehty kustannusennuste oli 1 947 000 mk. Toteutunut kustannus ylitti kustannustavoitteen 9.0 %:lla ja 17.6. tehdyn kustannusennusteen 17.6 %:lla. Työpaketin kokonaiskustannusten ylittyminen johtui maksuperusteisten määrien kasvamisesta. (kuva 18) Määräkomponentin ylityksestä johtuva kustannuksen kasvu kompensoituu hieman materiaalien hintakomponenttien pienenemisellä. (kuva 19)

Testaus osoittaa, että REA-menetelmä antaa reaaliaikaista tietoa työpaketin etenemisestä ja kustannusten syntymisestä. Koska rakennusosien määrällinen valmiusaste testauksessa laskettiin maksuperusteisilla yksiköillä, sisältää määrällinen valmiusaste mahdolliset ryöstöt, yli- tai alikuormat, materiaalihukat ja vääristä massakertoimista aiheutuvat virheet. Silloin ei voida olla varmoja valmiusasteen luotettavuudesta eikä tuotannon edistymisestä suunniteltuun nähden.

Testaus osoitti, että määrien hallinta tuotesuunnitelmien muutoksien yhteydessä on tärkeää ja muutokset on dokumentoitava tuotesuunnitelmiin. Oman tuotannon kustannusten hallinnan kannalta tulee tuotesuunnitelmien muutosten yhteydessä menetellä samoin kuin urakatuotannossa. Kustannustavoitetta ei tule muuttaa, jollei hankkeen tilaaja hyväksy tuotesuunnitelmien muutosta.

ERITTELY	SUUN. MÄÄRÄ	YKS	SUUN. mk/yks	SUUN. KUST.	TOT. MÄÄRÄ	TOT. mk/yks	HINTA ERO mk	MÄÄRÄ ERO mk	KUST ERO mk
KUONAHIEKKA	6326	ton	52.50	332115	8554.4	51.58	- 5820	+114941	+109121
KAPPALEKUONA	4565	ton	43.00	196295	4144.4	41.00	- 9130	- 17245	- 26375
HIEKKA (KOSKELA)	2296	m3itd	18.00	41328	2495.5	11.07	- 15911	+2208	- 13703
HIEKKA (LAUNOLANK.)	0	m3itd	17.00	0	0	0.00	0	0	0
RUMPU 100	0	m	450.00	0	0	0.00	0	0	0
RUMPU 80	0	m	350.00	0	0	0	0	0	0
SORAMURSKE	1445	m3itd	10.70	15462	247.9	10.70	0	- 12809	- 12809
KKH25T	4850	m3ktr	3.00	14550	6597.9	2.85	- 728	+4982	+4254
KULJETUS LEIK.URAK.	5545	ton	4.50	24953	6854.6	5.60	+6100	+7334	+13434
TR 70 (PUHAKKA)	76	h	110.00	8360	80.5	177.57	+ 5135	+800	+5935
JT (UUSITALO)	76	h	215.00	16340	76	185.00	- 2280	0	- 2280
RM	417.79	h	50.00	20890	306	54.69	+ 1959	-6114	- 4155
TR (JUNTTILA)	28.65	h	110.00	3152	77.2	110.00	0	+5341	+5341
JT	28.65	h	215.00	6160	0	215	0	-6160	- 6160
KKH19P	0	h	200.00	0	0	200	0	0	0
				679605			- 20675	+93278	+72603

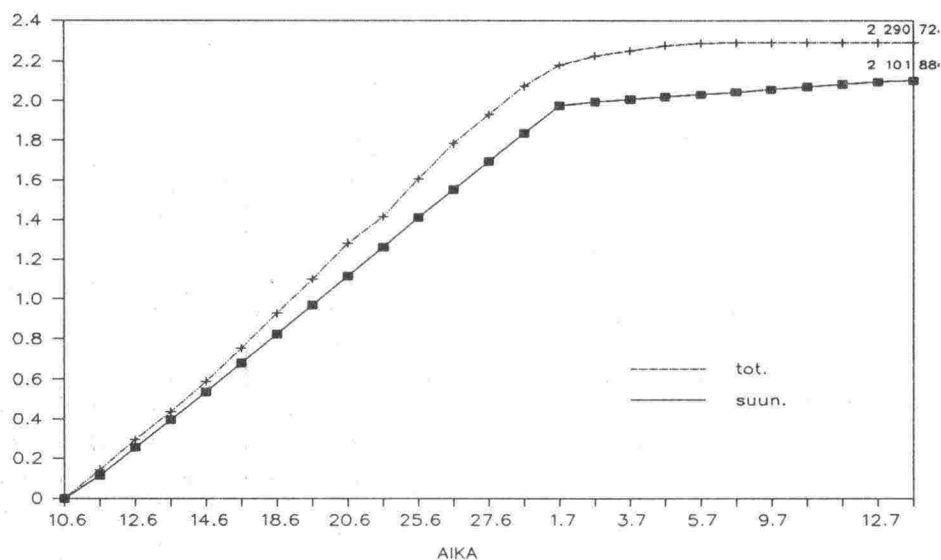
Kuva 16. Työpaketin materiaalihankintojen ja resurssien hinta- ja määräeroanalyysi tarkkailuhetkellä 17.6.

Testaus osoittaa, että pelkkä menetelmä ei poista tuotannonohjausongelmia. Työmaajohdon tulee myös sitoutua tuotesuunnitelmiin sekä ohjata rakennus- ja tuotanto-osien määriä.

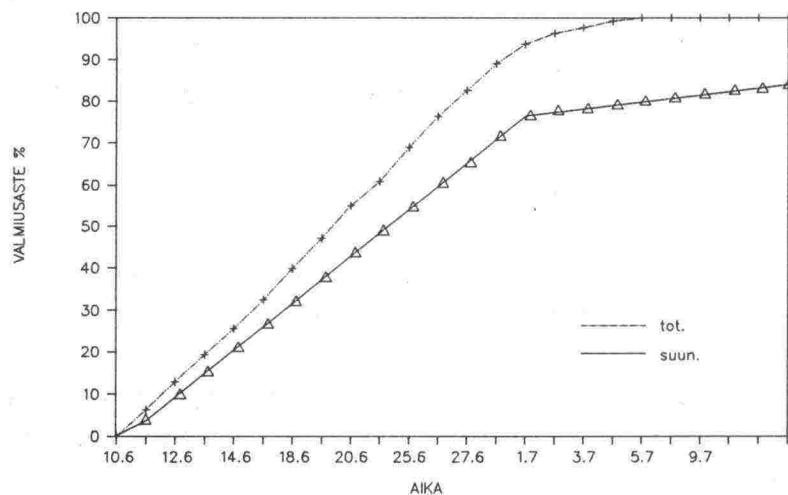
## 5.6 Havainnot muista testauskohteista.

Muina testauskohteina olivat valtatie 5 perusparantaminen välillä Pöljä - Mäntylahti ja maantie 137 rakentaminen moottoritieksi välillä Valkoisenlähteentie - Maantiekylä.

VT 5:llä työpaketin kustannustavoite alittui 109 000 mk:lla (29.1 % :lla). Työpaketin yhteismitallistetut määrät vähenivät 36,7 %. Työpaketin toteutus ei vastannut kestoaltaan työsuunnitelmaa. Kustannustavoitteen alittamiseen vaikuttivat rakennekerrosten määrien huomattava pieneneminen tuotesuunnitelmaan verrattuina sekä kuljetusetäisyyksien pieneneminen. Tuotesuunnitelmista poikkeaminen aiheutti epävarmuutta määrälasken-



Kuva 17. Työpaketin toteutuneet ja suunnitellut kustannukset.



Kuva 18. Työpaketin toteutuneen ja suunnitelman mukainen määrällinen valmiusaste. Työpaketin yhteismitallistetut määrät kasvoivat 17.0 %.

taan.

Kuljetusetäisyyksien pieneneminen johtui hankkeenjohdon tavoitteesta minimoida kuljetusetäisyydet. Työpaketin kesto kasvoi, koska työpakettiin kuuluneen perusparannettavan osuuden päällystyi siirtyi ja tuotanto siirtyi muualle tielinjalle.

VT 5:llä testattiin avo-ojien kaivun ja luiskaverhoilun edistymisen valvontaa määräperusteisella yksiköllä. (kuva 20) Määräperusteisen yksikön käyttö



ERITTELY	SUUN. MÄÄRÄ	YKS	SUUN. mk/yks	SUUN. KUST.	TOT. MÄÄRÄ	TOT. mk/yks	HINTA ERO mk	MÄÄRÄ ERO mk	KUST ERO mk
KUONAHIEKKA	18000	ton	52.50	945000	19992.25	53.22	+12960	+106030	+118990
KAPPALEKUONA	13000	ton	43.00	559000	17557.2	41.00	- 26000	+186845	+160837
HIEKKA (KOSKELA)	5200	m3itd	18.00	93600	6209.8	10.11	- 41028	+10209	- 30819
HIEKKA (LAUNOLANK.)	7200	m3itd	17.00	122400	5334	8.85	- 58680	- 16514	- 75194
RUMPU 100	39	m	450.00	17550	38	450.00	0.00	- 450	-450
RUMPU 80	20	m	350.00	7000	0		0.00	- 7000	- 7000
SORAMURSKE	4045	m3itd	10.70	43282	6928.4	10.70	0.00	+30852	+30852
KKH25T	13130	m3ktr	3.00	39390	14920	2.85	- 1970	+5102	+6330
KULJETUS LEIK.URAK.	15000	ton	4.50	67500	16484.7	4.91	+6150	+7290	+13430
TR 70 (PUHAKKA)	218.65	h	110.00	24052	254.37	180.15	+15338	+6435	+21773
JT (UUSITALO)	218.65	h	215.00	47010	248	185.00	- 6560	+5430	- 1130
RM	1467.8	h	50.00	73394	1110.74	52.02	+2965	- 18580	- 15615
TR (JUNTILA)	166.05	h	110.00	18266	201.75	110.00	0	+3927	+3938
JT	166.05	h	215.00	35701	0	215.00	0	- 35701	- 35701
KKH19P	43.85	h	200.00	8770	36.4	200.00	0	- 1490	- 1490
				2101915			- 96825	+282385	+185560

Kuva 19. Työpaketin materiaalihankintojen ja resurssien hinta- ja määräeroanalyysi työpaketin loputtua.

helpotti edistymisen konkretisointia ja työ pysyi aikataulussa. Testaus osoitti, että määräperusteisen yksikön käyttö tuotannon edistymisen

valvonnassa on välttämätöntä. Tuotesuunnitelmista poikkeaminen ja massansiirtosuunnitelman puute aiheuttavat epävarmuutta tuotannon ohjaukseen. Jotta REA-menetelmästä saataisiin paras hyöty oman työn tuotannon ohjaukseen, tulee tehtyjä työsuunnitelmia noudattaa.

MT 137:llä työpaketin työsisältö oli paaluvälin 4830- 5400 maaleikkaus läjitykseen ja luiskiin sekä eritasoliittymässä sillan pohjoispuolella sijaitsevien kuuden rampin maaleikkaus. Alueen hyötypuut oli hakattu, mutta muuta raivaustyötä oli vielä jäljellä. Työmaalla ei ollut massansiirtosuunnitelmaa.

Työpaketin kustannustavoite ylittyi 300 000 mk:lla. ( 24,5 %:lla). Työpaketin toteutuneet maksuperusteiset määrät kasvoivat 41,9 %. Toteutuneita määriä ei työpaketin töistä työmaalla mitattu. Työpaketin maaleikkauksen osalta saadaan rakennusosan yksikkökustannukseksi

toteutuneiden määrien perusteella laskettuna 10.78 mk/m3ktr. Työsuunnitelmien mukaisilla teoreettisten määrien perusteella laskettu yksikkökustannus on 15.30 mk/m3ktr. Työsuunnitelman mukaiset määrät sisältävät suunnitelman muutoksista johtuneet määrien kasvamisesta. Tämä osoittaa, että yksikkökustannuksien avulla ei voida ohjata tuotantoa.

AVO-OJAT + LUISKAVERHOUS						
PVM	SUUN. MÄÄRÄ [h]	SUUN. EDISTYMÄ [jm]	SUUN. VA %	TOT. MÄÄRÄ [h]	TOT. EDISTYMÄ [jm]	TOT. VA %
12.9	7.6	356	10.0			
13.9	7.6	712	20.0			
16.9	7.6	1068	30.0	11.5	500	14.0
17.9	7.6	1424	40.0	20.3	1060	29.8
18.9	7.6	1780	50.0	9.6	1560	43.8
19.9	7.6	2136	60.0	4.3	1760	49.4
20.9	7.6	2492	70.0	15.0	2260	63.5
23.9	7.6	2848	80.0	21.9	2760	77.5
24.9	7.6	3204	90.0	8.5	3060	86.0
25.9	7.6	3560	100.0	12.3	3560	100.0
YHT	76.0			103.4		

Kuva 20.

Avo-ojituksen ja luiskaverhouksen määrällisen valmiusasteen valvonta määräperusteisen yksikön avulla.

Testauksessa tuotannon edistymistä laskettiin maksuperusteisen yksikön avulla. Testaus osoittaa, että maksuperusteisen yksikön käyttö ei sovellu hankkeen ohjaukseen. Hankkeen määräluettelo oli laadittu sijainnittain eriteltynä tielaitoksen määrämittausohjeen mukaisesti. Määrien ylityksen syynä voi olla

- ramppien väliin jääneiden määrien arviointivirhe,
- väärät massakertoimet,
- ryöstöt ja
- alikuormat.

Testaus osoittaa, että tuotantoa ei saa inspiroida. Tuotannon ohjauksen kannalta on tärkeää, että työsuunnitelman lähtötiedot selvitetään tuotesuunnitelmista ja laadittuun työsuunnitelmaan sitoudutaan. Lisäksi rakennus- ja tuotanto-osien määriä on ohjattava, jotta kustannustavoite saavutetaan.

## 6 YHTEENVETO

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli hahmottaa tienrakennushankkeelle työpakettien käyttöön perustuva ohjauksen kokonaisjärjestelmä ja testata tielaitoksen omaan tuotantoon soveltuvan työnsuunnittelu- ja valvontamenetelmän ohjausominaisuudet.

Tutkimuksen tuloksena on saatu

- malli tienrakennushankkeen ohjausjärjestelmäksi, joka soveltuu eri toteutusmuotojen, organisaatioiden ja käyttötarpeiden vaatimuksiin sekä
- menetelmä tielaitoksen omajohtoisen työn tuotannon ohjaukseen.

Tuloksen saavuttamiseksi

- selvitettiin nykyisessä työnsuunnittelujärjestelmässä olevia ongelmakohtia,
- tutkittiin kirjallisuudesta viimeaikoina rakennusosalalle kehitettyjä johtamis- ja ohjausteoreettisia työnsuunnittelu- ja valvontajärjestelmiä sekä
- kehitettiin ja testattiin REA-menetelmää testaushankkeilla.

Tienrakennushankkeen ohjauksen kokonaisjärjestelmän mallia ei ole testattu, vaan sitä on käsitelty vain teoreettisesti.

Tielaitoksen nykyisen työnsuunnittelujärjestelmän ongelmat liittyvät

- kustannustavoitteen asettamiseen,
- nimikkeisiin tukeutuvaan tuotannon mallintamiseen,
- ohjausmenetelmään,
- raportointijärjestelmään ja
- toteutumatiетоjen keräämiseen.

Nykyisessä tielaitoksen käytössä olevassa työnsuunnittelujärjestelmässä kustannustavoite asetetaan työsuunnitelman perusteella, jolloin tavoite on tehdyn tuotantoratkaisun mukainen. Työsuunnitelman perusteella asetetun tavoitteen kireyttä ei tunneta. Nykyinen järjestelmä ei myöskään pakota eri tuotantoratkaisuiden tutkimiseen.

Nykyinen työnsuunnittelujärjestelmä mallintaa tuotannon litteroittain eikä toteutettavina tuotantokokonaisuuksina. Aikaisempien tutkimusten perusteella on todettu, ettei litteroista ole suurta ohjauksellista hyötyä.



Nykyisessä työsuunnittelujärjestelmässä hankkeen valvonta perustuu raportointijärjestelmään. Sen ongelmana on, ettei raportointi ole reaaliaikais- ta. Siksi häiriöihin reagointi on yleensä myöhässä. Raportointijärjestelmässä keskitytään litteroiden yksikkökustannuksiin, mikä voi johtaa epätaloudel- liseen tuotannon ohjaukseen ja tuotantoratkaisuihin.

Ongelmana on myös se, että hankkeet keräävät toteutumätiedot tiepiirin tietokoneeseen työn suunnittelu- ja seurantajärjestelmän avulla tai suorasyöttönä. Silloin syntyy vaikutelma, että toteumatietoa kerätään tiepiiriä varten ei hankkeen ohjausta varten.

Halutun lopputuotteen aikaansaamiseksi hankkeelle asetetaan tavoitteita ajan, kustannusten, laajuuden ja laadun suhteen. Jotta tavoitteet saavute- taan, tarvitaan ohjausta. Ohjausjärjestelmän avulla etsitään keinot, joilla ohjauskeinoihin vaikutetaan ja johtamistoimen avulla saadaan ohjaus toimimaan halutulla tavalla.

Kehitetyssä ohjausjärjestelmässä tavoite asetetaan tulosjohtamisen periaatteiden mukaisesti. Hankkeesta vastuulliset henkilöt saavat itse valita keinot tiepiirin kanssa yhdessä asetetun kustannustavoitteen saavuttami- seksi. Kehitetyn tienrakennushankkeen ohjausjärjestelmän keskeiset periaatteet ovat:

- kustannustavoite asetetaan tuote- ja tuotantolaskelmien avulla
- tuotantosuunnitelmilla etsitään malli kustannustavoitteen saavuttamiseksi
- ratkaisu perustuu tuotantolohkoihin ja työpaketteihin.

Kustannustavoite asetetaan standardikustannuslaskelman mukaiseen tasoon, jossa hintakomponenttina on käypään tasoon testatut standardihin- nat ja määräkomponenttina tuotesuunnitelmien valmiutta vastaavat kohdekohtaiset määrät. Tulosvaatimus asetetaan tiepiirin taloudellista tavoitetta vastaavaksi.

Hankeen kustannustavoitteen muodostamista ohjataan hankkeen alusta alkaen. Lopullinen hankkeen kustannustavoite lasketaan tuotantolaskelman avulla. Kun tiepiiri ja tuotteen valmistava hanke hyväksyvät tulosvaatimuk- sen sisältämän tuotantolaskelman, tulee siitä kustannustavoite.

Tuotanto suunnitellaan siten, että kustannustavoite saavutetaan. Hankkeen ohjauksen parantamiseksi hanke ositetaan osatavoitteisiin; tuotantolohkoi- hin ja työpaketteihin. Hanke voi koostua yhdestä tai useasta tuotantoloh- kosta. Työpaketti on hankkeen pienin osa, jonka tuotanto suunnitellaan ja valvotaan omana erillisenä kokonaisuutena. Tuotantolaskelman avulla

hanke laskee tuotantolohkojen ja työpakettien kustannustavoitteet, jotka toimivat hankkeen sisäisinä tavoitteina ja ovat edellytyksinä hankkeen taloudelliselle ohjaukselle.

Työpaketin lopullisen työsuunnittelun tarkkuuteen vaikuttaa sen toteutusmuoto. Työpaketti voidaan teettää urakoitsijalla tai tehdä omajohtoisena työnä. Työpakettien ajoitus- ja määrätiedot toimivat urakkatarjouspyyntöjen runkoina. Jos hanke tekee työpaketista oman tarjouksen, työpaketin tuotanto suunnitellaan ja toteutettaessa valvotaan REA-menetelmää käyttäen.

REA-menetelmällä laaditaan työpaketin ohjausta varten kustannus- ja aikataavoitteita vastaava toteutusmalli selvittämällä resurssien ja materiaalien käyttö ja hinnoittelemalla ne. REA-menetelmän vaiheet ovat

- työsuunnitelman laatiminen,
- hinnoittelu ja
- valvonta.

REA-menetelmällä laadittujen työsuunnitelmien kustannusennustavuus on jo aikaisemmin testattu. Tässä tutkimuksessa on REA-menetelmästä aikaisemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia hyödynnetty. Kehitetyssä REA-menetelmässä on reunaehtoina otettu huomioon tielaitoksen työsuunnittelun yleinen käytäntö ja hinnoittelutavat. REA-menetelmän valvontamenetelmää kehitettiin testauksien avulla.

REA-menetelmän mukainen valvonta on reaaliaikaista. Se perustuu koko työpaketin edistymisen ja kustannusten valvontaan sekä niiden ennustamiseen. Edistymistä valvotaan tuotantoaikakaaviolla määrällisen valmiusasteen avulla. Kustannuksia valvotaan hinta- ja määräeroanalyysillä sekä kustannuskertymäkäyrällä kustannusten valmiusasteen avulla. Tarkkailuajankohtina laaditaan työpaketin kustannusennuste ja lasketaan ennuste kestoksi.

REA-menetelmässä painotetaan valvonnan suunnittelun tärkeyttä. Valvonnan suunnittelussa määritetään työpaketin tarkkailuvälit ja lasketaan työsuunnitelman mukainen edistymä ja työsuunnitelman mukaiset suunnitellut kustannukset tarkkailuhetkellä. Edistyminen saa toteutumatiensä määräperusteisella yksiköllä ja kustannusvalvonta maksuperusteisella yksiköllä. Määräperusteisena yksiköinä käytetään helposti mitattavia reaalisuureita kuten tielinjan metri (tiem), juoksumetri (jm), neliömetri (m<sup>2</sup>) ja kappale (kpl).



Testaus osoitti, että REA-menetelmän mukainen valvonta antaa reaaliaikaista tietoa työpaketin edistymisestä ja kustannusten syntymisestä tuotannon ohjausta varten. Menetelmän hyvänä puolena on, että työpaketin kustannusten laskemisessa ja valvonnan suunnittelussa dokumentoituu työn toteuttamismalli, materiaalihankinta- ja panosten käyttösuunnitelma. Menetelmän valvonta edellyttää kaikkien toteutumien päivittäistä siirtymistä valvonnasta vastaavien henkilöiden käyttöön.

Testaus osoitti, että maksuperusteisen yksikön käyttö ei sovellu edistymisen valvontaan, jollei jäljellä olevia määriä aina mitata tarkkailuhetkillä. Jokainen turha mittaus on tuottamatonta työtä. Määräperusteisen yksikön käyttö lisää valvonnan suunnitteluun kuluvaa työaikaa, mutta antaa luotettavan kuvan edistymisestä ja mallintaa työn tekemisen suunnitellun mukaisessa järjestyksessä.

Pelkkä menetelmä ei riitä poistamaan tielaitoksen omajohtoisen työn tuotannon ohjauksessa olevia ongelmia. Tutkimuksessa havaittiin lisäksi seuraavia tuotannon ohjausta haittaavia asenteellisia ongelmia:

- Työtä ei toteuteta hankkeella olevien tuotesuunnitelmien mukaisesti. Tuotesuunnitelmista poikkeaminen aiheuttaa aina epävarmuutta määrälaskentaan. Jos tuotesuunnitelmia muutetaan, tulee muutos dokumentoida.
- Työtä suunnitellaan, mutta työsuunnitelmia ei dokumentoida. Koska työsuunnitelmia ei dokumentoida, ei hyvääkään työsuunnitelmaa noudateta, vaan viimeistään ensimmäisen häiriön jälkeen tehdään uusi dokumentoimaton työsuunnitelma. Silloin ohjaustoimenpiteet eivät perustu työsuunnitelmien ja toteutuman vertailuun eikä ohjaustoimenpiteiden vaikutusta voida todeta.
- Tuotanto-osista on kuljetuksen osuus kustannuksista suurin. Siitä huolimatta massansiirtosuunnitelmia ei laadita. Massansiirron suunnittelulla voidaan merkittävästi vaikuttaa työpaketin kustannuksiin.
- Hankkeen johtaminen on dokumentoitujen työsuunnitelmien puutteen vuoksi lyhytjänteistä. Tällöin hankaloituu myös töiden koordinointi työkohdemestareille.

Tutkimuksessa kehitetty tienrakennushankkeen ohjauksen kokonaisjärjestelmä ja REA-menetelmä muuttavat tuotannon ohjauksen näkökulmaa



---

tuotannon valvontaa ja ohjausta korostavaksi nykyiseen työsuunnittelujärjestelmään verrattuna. Niiden käyttöönotto vaatii paljon koulutusta siitä huolimatta, etteivät kehitetty ohjausjärjestelmä ja REA-menetelmä sisällä vaikeasti omaksuttavia teorioita. Koulutusta tulee painottaa asenteiden muuttamiseksi. Työmaajohdon tulee sitoutua asetettuihin kokonaistavoitteisiin ennen kaikkea kustannustavoitteisiin, tuotesuunnitelmiin, laadittuihin ja dokumentoituihin tuotantosuunnitelmiin, kuten massansiirtosuunnitelmiin. Ohjaus tulee kohdistaa rakennus- ja tuotanto-osien määriin, tuotantoon sekä panosten käyttöön.

## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 46/1991 Tiehöylän karheenlevittimien vertailu. TIEL 3200042
- 47/1991 Lautassirottimien vertailu. TIEL 3200043
- 48/1991 Liuoslevittimien käyttökokeilu. TIEL 3200044
- 49/1991 Projektijohtokäytäntö ja -mahdollisuudet laajoissa tiensuunnitteluhankkeissa. TIEL 3200045
- 50/1991 Lumitilat yleisillä teillä, perusselvitys
- 51/1991 Raakapuun kuljetusmalli. TIEL 3200046
- 52/1991 Autokanta- ja liikenne-ennusteita eräissä maissa. TIEL 3200047
- 53/1991 Tieverkon ylläpidon ohjausjärjestelmät; otostiet ja rappeutumismallit. TIEL 3200048
- 54/1991 Tieverkon ylläpidon ohjausjärjestelmät; lähtötiedot ja perustulokset. TIEL 3200049
- 55/1991 Ympäristövaikutusten arviointiselostus, maantie 5053. TIEL 3200050
- 56/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Suunnittelu- ja mitoitusperusteet. TIEL 3200051
- 57/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Suuntaus. TIEL 3200052
- 58/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Kevyttiikenne. TIEL 3200053
- 59/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Joukkoliikenne. TIEL 3200054
- 60/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Pääväylä ja ympäristö. TIEL 3200055
- 61/1991 Pensaiden menestyminen tiealueilla. TIEL 3200056
- 1/1992 Pystyöjanauhojen laatuvaatimukset; laadunvalvonta ja testausmenetelmät. TIEL 3200057
- 2/1992 Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa. TIEL 3200058
- 3/1992 Pakokaasujen vaikutus ympäristöön; seurantatutkimus 1989-1990, Paimio, Piikkiö. TIEL 3200059
- 4/1992 Ohituskaistatiekokeilu valtatiellä 4 välillä Järvenpää-Mäntsälä. TIEL 3200060
- 5/1992 Tieverkon tuottamat läheisyyspalvelut. TIEL 3200061
- 6/1992 Talvihoidon päivystysjärjestelmä. TIEL 3200062
- 7/1992 Moottoriväylien kansantaloudelliset vaikutukset. TIEL 3200063
- 8/1992 Yhteenveto TTS:n 1992 - 95 hankeperusteista. TIEL 3200064
- 9/1992 Motorledernas nationalekonomiska effekter. TIEL 3200065R
- 10/1992 Kehittämishankkeet tielaitoksen tuloksenteossa. TIEL 3200066